

MECANIZADO DE UN PROTOTIPO DE PRÓTESIS DE PIE DINÁMICO EMPLEANDO POLIOXIDO DE METILENO

Alexander Núñez¹, Orlando Pellicioni^{1*}, María Virginia Candal^{1,2} y Carmen Müller-Karger¹

1: Grupo de Biomecánica USB, Departamento de Mecánica, Universidad Simón Bolívar, Caracas 1080-A, Venezuela

2: Sección de Polímeros, Departamento de Mecánica, Universidad Simón Bolívar, Caracas 1080-A, Venezuela

* e-mail: orlandop@usb.ve

RESUMEN

El objetivo principal de este trabajo fue el mecanizado de un prototipo de prótesis de pie dinámico sin articulaciones fabricado en material polimérico. El dispositivo busca satisfacer las necesidades de personas con discapacidad dentro del Nivel 2 de Movilidad, de acuerdo al perfil del protocolo de la Agencia del Financiamiento para el Cuidado de la Salud (HCFA). La pieza fue mecanizada en un Centro de Control Numérico de 4 ejes debido a su complejidad, y se fabricó tanto en polióxido de metileno (POM) como en poliamida (PA). Al final del estudio se decidió que la prótesis de POM poseía un mejor acabado superficial.

Palabras Claves: Prótesis, Polióxido de metileno, Poliamida, mecanizado

ABSTRACT

This study aimed to machining of prototyping dynamic foot prosthesis without joints, made of polymeric material. The prosthesis is aimed at satisfying the needs of people with disabilities within the Mobility Level 2, according to the profile of the protocol of the Health Care Financing Administration (HCFA). The piece was machined into a Center of Numerical Control 4-axis due to its complexity, and manufactured both in Polyoxymethylene (POM) and polyamide (PA). At the end of the study was decided that the machined prosthesis with POM had a better finish.

Keywords: Prosthesis, Methylene polyoxide, Polyamide, machining

1. INTRODUCCIÓN

El principal objetivo de una prótesis es sustituir una parte del cuerpo que haya sido perdida por una amputación o que no exista a causa de agenesia, cumpliendo las mismas funciones que la parte faltante, como las piernas artificiales [1]. El pie protésico tipo SAFE, acrónimo de Stationary Attachment Flexible Endoskeletal, fue seleccionado para un primer diseño de prototipo de prótesis por ser el modelo típico de personas que caminan dentro de su comunidad [2]. Catalogados con un nivel 2 de movilidad por la HCFA, tienen la habilidad o potencial para caminar, con capacidad para atravesar barreras como curvas, escaleras o superficies irregulares.

2. PARTE EXPERIMENTAL

Esta prótesis fue desarrollada por el Grupo de Biomecánica de la Universidad Simón Bolívar^[2], empleando herramientas computacionales de CAD/CAE (Solidworks® y SolidWorks Simulation®). Para su manufactura se decidió utilizar el mecanizado en un Centro de Control Numérico (CNC) de 4 ejes Fadal VMC 3116 - controlador Fanuc 18iMb debido a su capacidad para reproducir geometrías complejas a bajos costos de producción. La herramienta CAM (Surfcam® Velocity) permitió desarrollar el programa que gobernaría al CNC y lograr producir de manera eficiente la geometría deseada. Además, ésta permitió planificar y simular todos los procesos y verificar la trayectoria de la herramienta durante el mecanizado y el tiempo del proceso. Los materiales empleados para mecanizar la prótesis fueron: Polióxido de metileno (POM) de Basf ($\sigma_y = 65$ MPa, $E = 2900$ MPa y $\rho = 1,41$ g/cm³) y Poliamida (PA) de DuPont ($\sigma_y = 78$ MPa, $E = 2850$ MPa y $\rho = 1,14$ g/cm³), ambos en barras de 400 cm³ de diámetro.

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

Uno de los procesos más utilizados para el procesamiento de los polímeros es el moldeo por inyección. En trabajo previo, Candal et al.[3] diseñaron un molde para fabricar el prototipo por inyección; sin embargo, al calcular la factibilidad económica se observó un alto costo de fabricación del producto, así como de la máquina

de inyección, lo que incrementaría el costo para un prototipo inicial. Considerando además que por los momentos no se estima una fabricación masiva, se estudió su posible fabricación por mecanizado por CNC. Los materiales empleados son candidatos factibles para la producción de la prótesis porque ofrecen propiedades mecánicas similares, son fácilmente mecanizables y muy utilizados en este mercado. Como primera prueba se mecanizó la prótesis en madera (Fig. 1) para comprobar el correcto funcionamiento de la rutina programada y la compatibilidad entre el CAM, el post-procesador y el controlador del equipo. Para la determinación de los parámetros de corte para el mecanizado, se realizaron pruebas empleando los escasos datos de rangos encontrados en la bibliografía para polímeros [4], en las cuales se modificaron cada uno de ellos por cada material. Los datos reportados en la bibliografía son los siguientes: profundidad de corte = 0,381 a 1,27 mm, velocidad de corte = 152 a 304 m/min y avance = 0,01 a 0,5 mm/diente [1]. De estas pruebas, se obtuvieron las condiciones que minimizaban el tiempo de mecanizado durante el proceso de desbaste y maximizaban la calidad superficial de la pieza.

Posteriormente, se mecanizó el prototipo en PA y por último, en POM. A medida que se avanzaba durante el mecanizado de la PA y del POM se fueron solventando problemas del código para el CNC relacionados con el tiempo de mecanizado y choque de la herramienta con la pieza plástica. Cabe mencionar consideraciones como:

- Los polímeros, en general, no conducen bien el calor de la fricción del corte, por lo que se suele producir un sobrecalentamiento del material y fundirse.
- Los polímeros son menos duros que los metales, por lo tanto, más difíciles de fijar firmemente y más propensos a flexionar por las fuerzas de corte.
- Los polímeros tienen un coeficiente térmico de expansión 10 veces mayor que la mayoría de los metales, por lo que se suelen distorsionar por el calor por fricción generado durante el mecanizado.
- La PA se debía mecanizar a velocidades de corte menores que el POM debido a su fusión y posterior, “delaminado” de su superficie, generando peores acabados superficiales y precisión dimensional.

Específicamente, las zonas donde hubo mayor dificultad de mecanizado las cavidades semicirculares pues se observó un sobrecalentamiento del material. El tiempo de mecanizado de la prótesis de madera fue de 14 horas debido a eventuales interrupciones para corregir errores en el programa inicialmente desarrollado, y también por la selección de parámetros de mecanizado más conservadores que los recomendados para polímeros. El tiempo del mecanizado en la PA (Fig. 2) fue de 1 hora y media, pero considerando su ruptura en algunos lugares de la pieza. También se observó que debido a la gran flexibilidad del polímero, el proceso se vio afectado por importantes deflexiones y vibraciones de la pieza durante el mecanizado. Esto se confirmó en el acabado superficial de las zonas más esbeltas del pie. Los resultados obtenidos fueron considerados en la preparación del programa final, mecanizando las zonas críticas al principio antes de debilitar la estructura completa. El prototipo fabricado en POM tardó poco más de 2 horas de mecanizado.



Figura 1: Prototipo de prótesis de pie en madera.

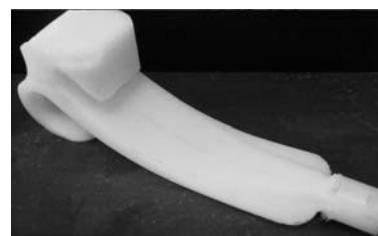


Figura 2: Prototipo de prótesis de pie en PA.

4. REFERENCIAS

- [1]. Rihs, D. y Pollitzi I., “Prosthetic Foot Design”, Australia’s International University, Australia, Proyecto Final (2001).
- [2]. Figueroa, R., y Müller-Karger, C., CLAIB IFMBE Proceedings 18, 732–735 (2007).
- [3]. Candal, M., Romero, J., Müller-Karger, C. y Pelliccioni, O., MECOM, Mec. Comp. Vol. XXIX, 6441-6454 (2010).
- [4]. Machining data handbook, 2nd Edition, Machinability Data Center, USA (1972), p. 186.