

Manufactura de probetas de tensión poliméricas tipo hueso mediante la implementación programas informáticos y una fresadora CNC

Manufacture of bone-type polymeric tension specimens through the implementation of computer programs and a CNC milling machine

Carlos E. Borja Soto ^a, Aldo Aguilar Gallegos ^b, Yordi E. Rodríguez Domínguez ^c, Jesús B. Jiménez Bautista ^d, José I. Pérez Hernández ^e, Jorge Zuno Silva ^f

Abstract:

This work contains information related to the implementation of computer programs and a CNC milling machine for the manufacture of flat polyethylene specimens. The dimensions of the type I specimen indicated in the ASTM D638-99 standard were considered for the manufacturing of the parts. The computer programs Inkscape and Aspire were used to obtain G code. On the other hand, the computer programs GRBL and Universal G - code sender were implemented for the start-up and control of a CNC milling machine that was manufactured by integrating commercially available electromechanical components. The machining process included the use of a 2 mm diameter flat vertical type WC cutter with four edges. The rotation speed of the tool was set to 4000 revolutions per minute, cutting depth of 0.5 mm and feed of 50 mm min⁻¹. The manufacturing route carried out was suitable for carving polyethylene to obtain bone-type specimens that can be used in experimental work related to the study of mechanical properties.

Keywords:

Manufacturing, mechanical properties, polymers, bone-type specimens, CNC milling

Resumen:

El presente trabajo contiene información relacionada a la implementación de programas informáticos y una fresadora CNC para la manufactura de probetas planas de polietileno. Las dimensiones de la probeta tipo I indicadas en la norma ASTM D638-99 fueron consideradas para la manufactura de las piezas. Los programas informáticos Inkscape y Aspire, fueron usados para la obtención de código G. Por otra parte, los programas informáticos GRBL y Universal G - code sender, fueron implementados para la puesta en marcha y control de una fresadora CNC que fue manufacturada al integrar componentes electromecánicos disponibles comercialmente. El proceso de mecanizado incluyó el uso un cortador de WC del tipo vertical plano de 2 mm de diámetro con cuatro filos. La velocidad de rotación de la herramienta fue ajustada a 4000 revoluciones por minuto, profundidad de corte de 0.5 mm y avance de 50 mm min⁻¹. La ruta de manufactura llevada a cabo fue adecuada en el tallado de polietileno para la obtención de probetas tipo hueso que pueden ser usadas en el trabajo experimental relativo al estudio de propiedades mecánicas.

^a Autor de Correspondencia, Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo | Escuela Superior de Ciudad Sahagún | Ciudad Sahagún-Hidalgo | México, <https://orcid.org/0000-0003-3385-8348>, Email: carlos_borja@uaeh.edu.mx

^b Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo | Escuela Superior de Ciudad Sahagún | Ciudad Sahagún-Hidalgo | México, <https://orcid.org/0009-0006-3668-7248>, Email: aldo8473aguilar@gmail.com

^c Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo | Escuela Superior de Ciudad Sahagún | Ciudad Sahagún-Hidalgo | México, <https://orcid.org/0009-0003-0268-2615>, Email: ronaldo.345fer.com@gmail.com

^d Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo | Escuela Superior de Ciudad Sahagún | Ciudad Sahagún-Hidalgo | México, <https://orcid.org/0009-0002-0898-5070>, Email: ba375512@uaeh.edu.mx

^e Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo | Escuela Superior de Ciudad Sahagún | Ciudad Sahagún-Hidalgo | México, <https://orcid.org/0009-0002-9918-4155>, Email: pe448691@uaeh.edu.mx

^f Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo | Escuela Superior de Apan | Ciudad Sahagún-Hidalgo | México, <https://orcid.org/0000-0002-1997-5399>, Email: jorge_zuno@uaeh.edu.mx

Palabras Clave:

Manufactura, propiedades mecánicas, polímeros, probetas tipo hueso, fresado CNC

Introducción

Los diferentes tipos de materiales pueden ser clasificados en materiales, metálicos, poliméricos, cerámicos, compuestos y semiconductores. Las propiedades mecánicas de dichos materiales dependen de su composición química, técnicas implementadas en su procesamiento. Dichas propiedades de los materiales condicionan su aplicación cuando se encuentran expuestos a esfuerzos mecánicos. Algunas de las propiedades mecánicas de los materiales tales como resistencia a la tensión, resistencia a la flexión, resistencia al corte, resistencia al impacto y dureza, entre otras (Callister, 2020; Smith, 1998).

Los valores experimentales de dichas propiedades son determinadas a partir de metodologías estandarizadas en las normas internacionales, tales como las normas de la Sociedad Americana para ensayos y materiales, ASTM, por sus siglas en inglés, entre otras (<https://www.astm.org/>).

La norma ASTM D638-99 contiene las propiedades mecánicas a la tensión para materiales poliméricos, tales como acrílico, polipropileno, polietileno, entre otros. También incluye las dimensiones que deben ser consideradas en el mecanizado de tales probetas (<https://www.astm.org/d0638-99.html>).

Las dimensiones estandarizadas para la obtención de probetas tipo hueso permiten que puedan ser ensayados materiales planos. En relación a lo anterior, las probetas pueden ser ensayadas en máquinas universales de ensayos mecánicos, esto con la finalidad de obtener curvas esfuerzo – deformación. A partir de dichas curvas es posible identificar algunas de las propiedades mecánicas de los materiales relevantes, tales como el módulo de elasticidad, esfuerzo máximo y deformación (Callister, 2020), entre otras.

Los fundamentos acerca de las propiedades mecánicas de los materiales han sido ampliamente discutidos en la literatura (Callister, 2020). Por otra parte, los procesos de remoción de material mediante maquinaria sofisticada de control numérico computarizado, CNC, ha sido usados en la manufactura de piezas metálicas (Solution, C,2023). Por otra parte, existe en el mercado una amplia disponibilidad de sistemas electromecánicos que pueden ser implementados para la construcción de máquinas

CNC para el mecanizado materiales con baja resistencia al corte, algunos de estos pueden ser identificados en páginas web, tal como (<https://www.amazon.com.mx>).

Sin embargo, resulta necesario determinar los parámetros de maquinado de acuerdo al tipo de material, operación de mecanizado y las características de la herramienta de corte. Los cálculos para determinar los parámetros de maquinado mediante fresado han sido tratados en la literatura e información proporcionada por los fabricantes de herramientas de corte para el mecanizado de metales, tales como (<https://www.sandvik.coromant.com/>), entre otros. Algunos de estos parámetros son la velocidad de rotación de la herramienta de corte y avance.

El presente trabajo muestra la implementación de elementos electromecánicos para la obtención de probetas poliméricas que puedan ser usadas en ensayos mecánicos a la tensión a partir del mecanizado en una fresadora CNC que fue ensamblada con componentes disponibles comercialmente y el uso de los programas informáticos GRBL, Inkscape, Aspire y Universal G - code sender, cuyas característica pueden ser consultadas en las páginas web (<https://all3dp.com>; <https://inkscape.org>; <https://www.vectric.com>; <https://winder.github.io/>).

Metodología

Fue elaborado un plano con las dimensiones de la probeta de tensión a obtener, esto de acuerdo a las dimensiones de la probeta tipo I contenidas en la norma ASTM D638-99 en el programa informático Inkscape. El plano fue procesado en el programa informático Aspire para la obtención del código G. La máquina fresadora fue manufacturada a partir de procesos de remoción de material tales como torneado, fresado y taladrado. La estructura de la máquina fue obtenida a partir solera de acero AISI 1018 de 5mm x 6.3 mm. El ensamble de las soleras fue realizado con la técnica de soldadura de arco eléctrico con electrodo revestido con el uso de electrodos 6013 en 3.17 mm de diámetro al aplicar una intensidad de corriente eléctrica, $I = 100 \text{ A}$.

El proceso de mecanizado de las probetas de tensión fue realizado mediante la implementación de la máquina fresadora CNC que fue manufacturada y un cortador vertical plano de WC con 2 mm de diámetro y 4 filos. La velocidad de rotación del cortador fue establecida en 4000 revoluciones por minuto, rpm, la velocidad de avance en

50 mm por minuto y una profundidad de corte de 0.5 mm. Fue usada una placa de MDF de 3 mm de espesor para las pruebas de funcionamiento de la fresadora. Por otra parte, fue usada una placa de polietileno de 2 mm de espesor para el tallado de una probeta de tensión.

El código G generado en el programa informático Aspire fue enviado a la fresadora CNC mediante la comunicación con cable de datos entre de la tarjeta controladora Uno R3 con controladores para motor DRV8825 y una computadora personal. Esto con la finalidad de accionar 3 motores del tipo Nema 17. El control de dicha máquina fue establecido con el programa informático Universal G - code sender.

Resultados

La Figura 1 muestra una simulación del proceso de mecanizado mediante fresado obtenida con el programa informático Aspire.

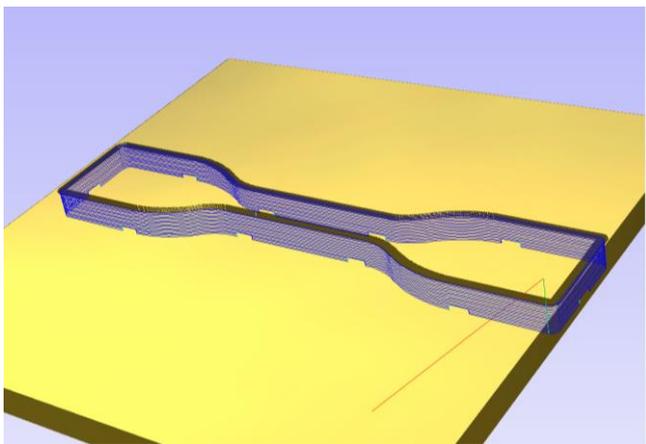


Figura 1 Simulación del mecanizado por fresado. Fuente: elaboración propia.

Una de las ventajas de dicho programa es que pueden ser obtenidos los códigos G que son necesarios para el control de los desplazamientos de los motores nema 17 mediante la interfase. Las líneas azules indican las trayectorias de la herramienta de corte. Es posible observar que en algunas zonas del material no son cortadas, esto con la finalidad de evitar el desprendimiento del material durante el mecanizado. El número y tamaño de estos puntos de sujeción es una función que permite el programa Aspire cuando son establecidos los parámetros de mecanizado.

La Figura 2 muestra la máquina fresadora CNC que fue construida para el tallado de probetas planas del tipo I. Los elementos electrónicos y sistemas de transmisión mecánica fueron adquiridos, ya que se encuentran

disponibles comercialmente. Por esto, únicamente la estructura metálica y dispositivos de integración fueron manufacturados para la puesta en marcha de la máquina fresadora.

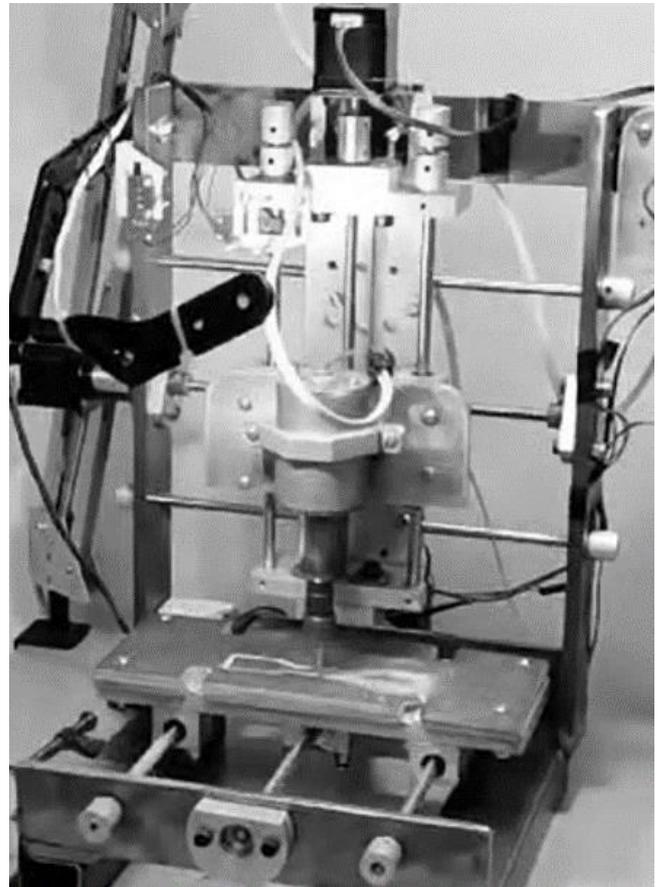


Figura 2 Fresadora CNC. Fuente: elaboración propia.

La Figura 3 muestra la simulación en tiempo real de la trayectoria de la herramienta en tiempo real al momento de llevar a cabo el mecanizado del material procesado. La simulación es generada como una función del programa informático Universal G - code sender. Dicho programa permite establecer la posición de referencia que es tomado en consideración para los desplazamientos del material y la herramienta de corte. El movimiento del material quedo en función de los ejes x – y. En el caso del movimiento la herramienta de corte, quedo en función del eje Z.

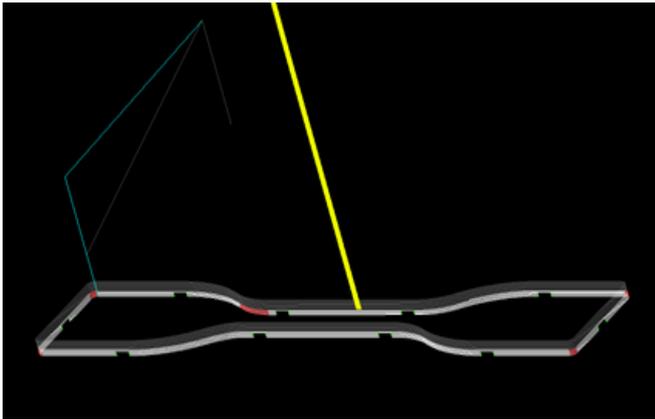


Figura 3. Simulación del proceso de mecanizado. Fuente: elaboración propia.

La Figura 4 muestra la puesta en marcha de la fresadora para verificar su funcionamiento mediante el corte de MDF con la herramienta de corte. El maquinado de materiales suaves con el uso de herramientas de corte fabricadas con materiales compuestos del tipo cerámico – metal, CERMETS, es adecuado para el mecanizado de materiales por desprendimiento de viruta; ya que presentan alta dureza y resistencia al desgaste (<https://www.metalmecanica.com>).

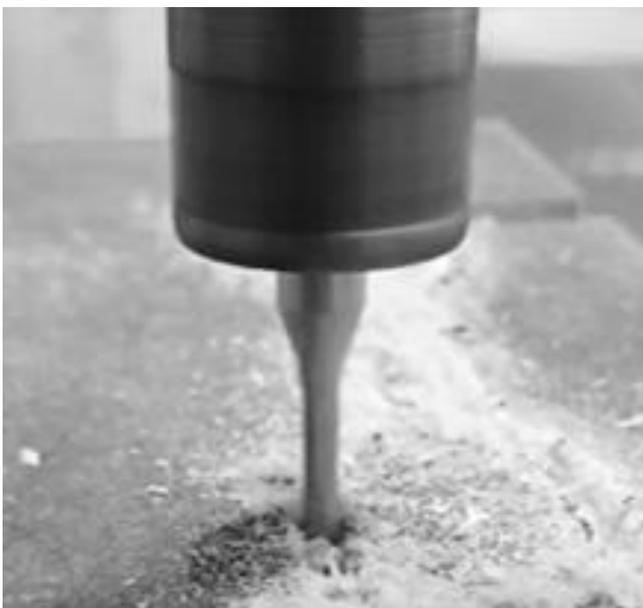


Figura 4. Mecanizado de MDF. Fuente: elaboración propia.

La Figura 5 muestra una de las probetas de tensión planas del tipo I que fue manufacturada. Cabe mencionar que la variación dimensional de las piezas obtenidas fue de 0.001 mm. Sin embargo, puede ser establecida la corrección dimensional en la etapa del desarrollo del plano vectorizado bidimensional, esto para aumentar la

exactitud de las piezas que puedan ser manufacturadas. La variabilidad dimensional de las piezas es generada por desajustes en los mecanismos del equipo, tales como los juegos existentes en los mecanismos motrices y descentrado de la herramienta de corte, principalmente.



Figura 5. Probeta plana tipo I para ensayo mecánico a la tensión. Fuente: elaboración propia.

Conclusiones

La ruta de manufactura para la obtención de probetas de tensión planas del tipo I que fue llevada a cabo, resultado adecuada para la obtención de piezas talladas. La implementación de los componentes electromecánicos y programas informáticos permitió la manufactura y puesta en marcha del equipo para el tallado de MDF y polietileno. Por lo tanto, puede implementarse en el trabajo experimental correspondiente a la preparación de especímenes a partir de los materiales planos antes mencionados.

Referencias

3D Printer CNC Controller Kit with for ArduinoIDE, Longrunner GRBL CNC Shield Board+RAMPS 1.4 Mechanical Switch Endstop DRV8825 A4988 Stepper Motor Driver Nema 17 Stepper Motor LKB02, Black. (s/f). <https://www.amazon.com.mx/Longrunner-impresora-profesional-Mechanical-conductor/dp/B072N4FMRN?th=1>

- All3dp.com. Recuperado el 30 de marzo de 2024, de <https://all3dp.com/2/grbl-software-guide/>
- ASTM international - standards worldwide. (s/f). Astm.org. Recuperado el 30 de marzo de 2024, de <https://www.astm.org/>
- Callister, W. D. (2020). Introducción a la ciencia e ingeniería de los materiales. Volumen I. Spain: Reverte.
- Homepage. (s/f). Vectric.com. Recuperado el 30 de marzo de 2024, de https://www.vectric.com/?gad_source=1&gclid=Cj0KCQjw8J6wBhDXARIsAPo7QA_eAcQiS2rMdiq2OqTpEW5RYCewx1Ifr-shWDMzwE79B7cqW7TECDkaAs-7EALw_wcB
- Inkscape Website Developers. (s/f). Draw freely. Inkscape.org. Recuperado el 30 de marzo de 2024, de <https://inkscape.org/>
- Metalmecánica. (2023, abril 28). Insertos Cermet ¿Qué son?, aplicaciones y limitaciones. Metalmecánica. <https://www.metalmecanica.com/es/noticias/los-cermet-se-vuelven-agresivos>
- Sandvik Coromant. (s/f). Sandvik Coromant. Recuperado el 30 de marzo de 2024, de https://www.sandvik.coromant.com/es-es/knowledge?utm_source=google&utm_medium=cpc&utm_campaign=2024_mx_general-campaign_corocut2_na
- Smith, E. H. (1998). Manual del ingeniero mecánico. México: Prentice-Hall.
- Solution, C. (2023, junio 12). Extreme Fast CNC Process Milling Machining. YouTube. https://www.youtube.com/watch?v=nUdFqAT8i1I&ab_channel=CAD%2FCAMSOLUTION
- Standard test method for tensile properties of plastics. (s/f). Astm.org. Recuperado el 30 de marzo de 2024, de <https://www.astm.org/d0638-99.html>
- Winder, W. (s/f). UGS. Github.Io. Recuperado el 30 de marzo de 2024, de https://winder.github.io/ugs_website/