

DESARROLLO DE UN DISPOSITIVO DE MEDICIÓN DE CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA EN ALUMINIOS PLEGADOS EMPLEANDO EL MÉTODO DE LAS 4 PUNTAS

Blanca Estela Osorio Cedillo

Instituto Tecnológico de Celaya

blanca.osorio@itmatamoros.edu.mx

Luis Alejandro Alcaraz Caracheo

Instituto Tecnológico de Celaya

alejandro.alcaraz@itcelaya.edu.mx

Vladimir Juárez Abraham

Instituto Tecnológico de Celaya

vladimir.juarez@itmatamoros.edu.mx

Rene Salazar Guerrero

Centro Nacional de Actualización Docente

ingrene.salazar.gro@gmail.com

Resumen

En este artículo se presenta la metodología de diseño para la fabricación de un dispositivo que permite medir la conductividad eléctrica en probetas cilíndricas de aluminio plegado. En el proceso de diseño se desarrollan diferentes etapas las cuales son: la necesidad de crear este dispositivo, sus requerimientos, evaluación, generación e integración de los conceptos para después culminar con la fabricación del dispositivo.

Palabras Claves: Aluminios plegados, conductividad eléctrica, dispositivo de medición.

Abstract

This article discusses the design methodology for manufacturing a device for measuring the electrical conductivity crumpled aluminium cylindrical specimens is presented. In the design process include steps such as the need to create this device, its requirements, evaluation, generation and integration of concepts, culminating in the manufacture of the device.

Keywords: *3 a 5 palabras claves en inglés, ordenadas alfabéticamente en letra cursiva.*

1. Introducción

Los materiales plegados son materiales con propiedades mecánicas, químicas y físicas muy interesantes [1-3], han demostrado tener un comportamiento híbrido entre las espumas metálicas y los materiales fibrosos [1]. Su fabricación parte de una hoja delgada de algún material (en este estudio de aluminio), que es doblada aleatoriamente, para después moldear la forma. En la figura1 se muestra una probeta de aluminio plegado.



Figura 1 Probeta cilíndrica de aluminio plegado.

Aún con su reciente aparición parte de sus propiedades, como las mecánicas han sido estudiadas. Las propiedades eléctricas de los materiales plegados, como la conductividad eléctrica ha sido poco estudiada por lo que la información reportada sobre estas propiedades es limitada [1]. La caracterización de la conductividad es importante, ya que puede ser considerada una alternativa viable para materiales

celulares que son más costosos [3], el entendimiento de su comportamiento abrirá un abanico de posibles aplicaciones de este material.

Por lo anterior, en este artículo se expone el proceso de diseño para la fabricación de un dispositivo que permita medir la conductividad eléctrica en probetas de aluminio plegado, para que en futuros estudios su comportamiento sea analizado.

2. Métodos

Requerimientos de funcionamiento

La conductividad eléctrica puede ser medida utilizando el método de las 4 puntas, este método se ha utilizado en estudios anteriores para medir la conductividad en materiales celulares [4,5] obteniendo buenos resultados, por lo que es necesario considerar en el diseño la implementación de este método. El método de las 4 puntas consiste en hacer fluir 1 ACD (Ampere de corriente directa) a través de la probeta, y al mismo tiempo medir el diferencial de potencial en ella [6] para calcular su conductividad. La conductividad, σ , puede ser calculada con ecuación 1, donde V_{Pr} es el diferencial de potencial entre los contactos de medición, A es el área de la sección transversal, I es la corriente y L es la longitud de la muestra.

$$\sigma = \frac{(I L)}{V_{Pr}} A \quad (1)$$

Generación de conceptos

De acuerdo a los trabajos reportados en la literatura [4-5] donde miden la conductividad eléctrica en espumas de aluminio, coinciden en utilizar los siguientes elementos:

- a) una fuente de alimentación (de voltaje o corriente) para suministrar un 1 Ampere de corriente directa.
- b) un multímetro digital con una resolución de micro-volts.
- c) una configuración de 4 puntas para las conexiones, donde 2 de ellas suministran la corriente a través de la probeta y 2 miden el voltaje en la probeta.

- d) piezas sólidas del mismo material que distribuyen la corriente de manera uniforme.
- e) un sistema que mantenga fija la probeta a medir.
- f) una base de material no conductor que sostiene la probeta.

Por lo anterior, en tabla 1 se muestra los requerimientos necesarios para el diseño y las posibles soluciones que se pueden emplear en el diseño del dispositivo.

Tabla 1 Tabla de Requerimientos-Solución.

Requerimiento	Posible solución
Mecanismo de sujeción:	Adaptación de guías, pinzas, mesa x-y con servomotores o tornillo de banco
Contactos de alimentación:	Tornillo, caimán, cable soldado o pegado, cable
Contactos de distribución:	Piezas solidas de aluminio (32 mm de diámetro y longitud 20-30 mm), hojas del mismo material.
Contactos de medición:	Puntas de multímetro súper finas, sistema de desplazamiento y ajuste vertical, sensor.
Fuente de alimentación:	Interna (realizar diseño), externa
Instrumento de Medición:	Multímetro digital de mano o de banco, DAQ

Evaluación de conceptos

El objetivo fue diseñar un dispositivo funcional a bajo costo, por lo que para sujetar la pieza se propuso el uso de un tornillo de banco (figura 2) con la adaptación de unas placas de material no conductor (figura 3) las cuales ayudarán a detener la probeta por los extremos, los bordes en el diseño de la placa permiten sujetar probetas con varios diámetros, y el orificio entre los bordes es el camino para la alimentación de la probeta.

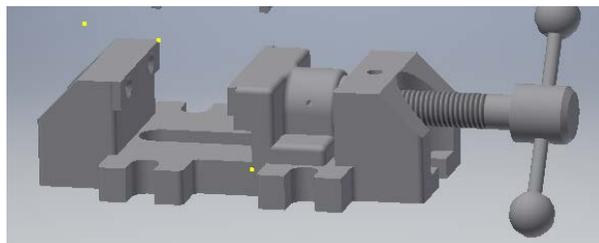


Figura 2 Tornillo de banco.

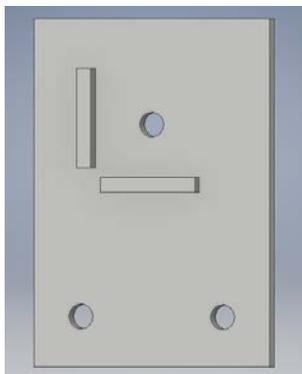


Figura 3 Placas de material aislante para sujetar las probetas.

En los contactos de alimentación, se evitará introducir materiales como soldadura o pegamento que puedan llegar a producir variaciones en las lecturas [2], por lo que se utilizará herramientas como caimanes y cables. Para los contactos de distribución, se usará la alternativa de las piezas sólidas es decir cilindros de aluminio de 32 mm de diámetro (figura 4), ya que han demostrado ser efectivas [5].

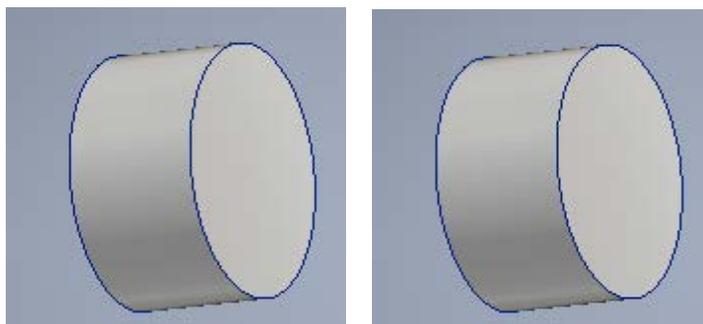


Figura 4 Cilindros sólidos de aluminio de 32 mm de diámetro.

Los contactos de medición serán las puntas del instrumento de medición, con una extensión de puntas súper-fina (figura 5).



Figura 5 Extensión de puntas super-fina.

La fuente de alimentación será externa, ya que además de ser equipo disponible permite experimentar con diferentes cargas las demandas de voltaje/corriente. Como voltímetro, se usará un multímetro digital. Cabe hacer mención que no se requirió software especializado ni tarjetas electrónicas para tener un buen funcionamiento de este prototipo y esto reduce considerablemente su costo de fabricación.

Fabricación y ensamble

En figura 6 se muestra una imagen del mecanismo de sujeción y los contactos de distribución. En este trabajo se construyó un mecanismo de sujeción compuesto por unas placas de material no conductor y un tornillo de banco. En éste mecanismo, las placas de detención de la probeta serán fijadas a las mordazas del tornillo. Para los contactos de distribución, se fabricaron dos cilindros de aluminio 6061-T6 con un diámetro de 32 mm y 20 mm de longitud respectivamente, los cuales coinciden con el diámetro de las probetas.

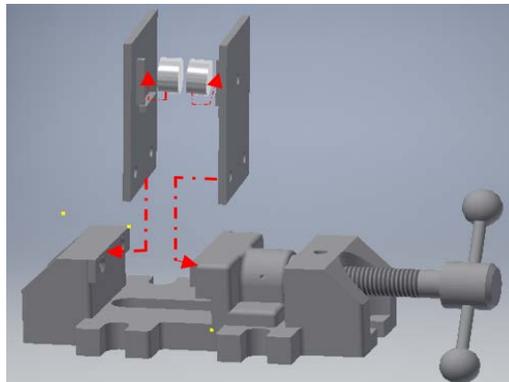


Figura 6 Mecanismo de sujeción y contactos de distribución.

Para suministrar la corriente de 1 Ampere de la fuente de alimentación a la probeta, se utilizó un cable conectado en un extremo a la fuente y el otro extremo presionado contra el contacto de distribución, a este cable se le llamó contacto de alimentación (figura 7), en un extremo del cable se agregaron hojas de aluminio del mismo diámetro de la cara de la probeta para mejorar la superficie de contacto con los cilindros de distribución.



Figura 7 Contactos de alimentación.

Prueba experimental

En figura 8 se muestra la configuración de la prueba que se realizó para comprobar el funcionamiento del dispositivo, se realizó una prueba en una espuma de aluminio de 5 PPI (poros por pulgada), y se calculó su conductividad utilizando ecuación 1.



Figura 8 Prueba del dispositivo en una espuma de aluminio de 5 PPI.

3. Resultados

El diseño funcional que se desarrolló permite medir probetas de aluminio plegado con diferentes geometrías como cilíndrica, cuadrangular, rectangular, con un diámetro de hasta 40 mm, y una longitud de hasta 110 mm. Esta flexibilidad hace posible medir conductividad en probetas de otro material celular, como espumas de aluminio. Las mediciones realizadas de conductividad eléctrica en una espuma de aluminio de 5 PPI con una densidad relativa de 0.084 fueron en promedio de 0.969 MS/m. Los componentes que utilizaron en el mecanismo de sujeción y los contactos

son de bajo costo y fácil adquisición. En figura 10 se exhibe el montaje final de todos los componentes: (a) Mecanismo de sujeción, (b) Contactos de alimentación, (c) Contactos de distribución, (d) Contactos de Medición, (e) Fuente de alimentación, (f) Instrumento de medición.

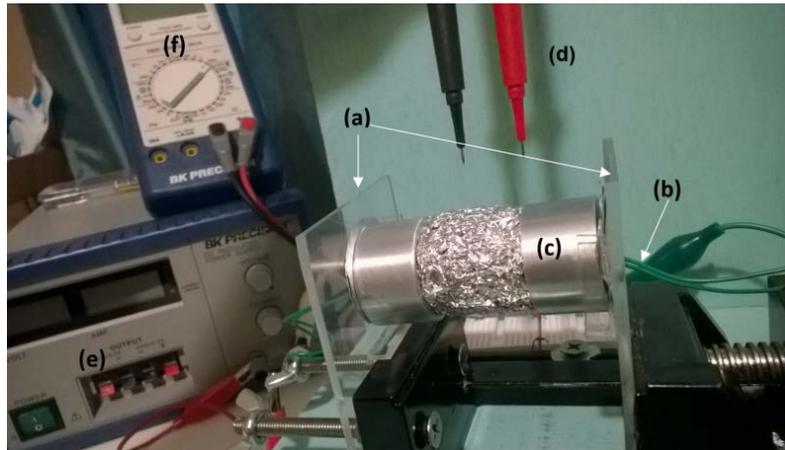


Figura 10 Dispositivo de medición de conductividad eléctrica.

4. Discusión

El proceso de diseño desarrollado en este artículo describe el procedimiento para la construcción de un dispositivo para medir conductividad eléctrica en probetas aluminio plegado utilizando el método de las 4 puntas.

Analizando el diseño final después de la fabricación y el ensamble, se puede afirmar que el diseño realizado cumple con los requerimientos y el objetivo del diseño.

En tabla 2 se muestra el resultado de las mediciones de conductividad eléctrica en una espuma de aluminio de 5 PPI y se compara con lo reportado en [4].

Tabla 2 Conductividad eléctrica en una espuma de aluminio de 5 PPI.

Espuma de aluminio 5 PPI			
Dharmasena et al. [4]		Resultados en este experimento	
Densidad relativa	Conductividad Eléctrica ($\times 10^6$ S/m)	Densidad relativa	Conductividad Eléctrica ($\times 10^6$ S/m)
0.092	1.368	.084	.969
0.072	0.974		

El dispositivo arroja resultados congruentes y satisfactorios. Este dispositivo servirá para analizar en estudios posteriores el comportamiento de la conductividad eléctrica en probetas de aluminio plegado, y contribuir en la caracterización de las propiedades eléctricas de los materiales plexoplegados.

5. Bibliografía y Referencias

- [1] Bouaziz, O., Masse, J. P., Allain, S., Orgéas, L., Latil, P.: Compression of crumpled aluminum thin foils and comparison with other cellular materials. *Materials Science and Engineering: A*, 570, pág.1-7. 2013.
- [2] Cottrino, S., Viviés, P., Fabrégue, D., Maire, E.: Mechanical properties of crumpled aluminum foils. *Acta Materialia*, 81, pág. 98-110. 2014.
- [3] Balankin, A. S., Cruz, M. M., Caracheo, L. A., Huerta, O. S., Rivas, C. D., Martínez, C. L., Ortiz, M. P.: Mechanical properties and relaxation behavior of crumpled aluminum foils. *Journal of Materials Science*, 50(13), pág. 4749-4761. 2015.
- [4] Dharmasena, K. P., & Wadley, H. N. G.: Electrical conductivity of open-cell metal foams. *Journal of materials research*, 17(03), pág. 625-631. 2002.
- [5] Kim A., Hasan M. A., Nahm S.H., Cho S.S.: Evaluation of compressive mechanical properties of Al-foams using electrical conductivity. *Composite Structures*. Vol. 71, pág. 191-198. 2005
- [6] Czichos, H., Tetsuya, S., y Leslie, S. (2009). *Springer handbook of materials measurement methods*. Editorial SPRINGER. Disponible en link.springer.com.