

ANÁLISIS DEL COMPORTAMIENTO MECÁNICO DE UN BRAZO AISLANTE PARA GRÚA DE ELEVACIÓN DE PERSONAL

José Vázquez Ojeda (1), José Ángel Diosdado De la Peña (2)

1 [Licenciatura en Ingeniería Mecánica, de Ingenierías, Campus Irapuato-Salamanca, Universidad de Guanajuato] | Dirección de correo electrónico: [j.vazquezojeda@ugto.mx]

2 [Departamento de Ingeniería Mecánica, División de Ingenierías, Campus Irapuato-Salamanca, Universidad de Guanajuato] | Dirección de correo electrónico: [jose.diosdado@ugto.mx]

Resumen

El comportamiento de los materiales compuestos difiere de los materiales isotrópicos (materiales con las mismas propiedades en todas sus direcciones), ya que un material compuesto está formado por dos o más materiales que en conjunto muestran un mejor comportamiento mecánico que cada uno de los materiales individualmente. Dicho efecto debe de considerarse en el estudio y análisis de una estructura hecha de un material compuesto. En este trabajo, a partir de los resultados de tres pruebas mecánicas realizadas a un brazo de fibra de vidrio en un laboratorio de pruebas, se compararon con los resultados teóricos obtenidos por medio de un análisis numérico (Análisis por Elemento Finito, FEA) de acuerdo a la norma correspondiente de materiales compuestos. Primeramente, se hizo el cálculo de los esfuerzos normales y de las cargas transmitidas a los especímenes en las pruebas mecánicas y después, con ayuda del software comercial ANSYS, se realizó la simulación de las tres diferentes pruebas mecánicas hechas al brazo de fibra de vidrio.

Abstract

The behavior of composite materials reveals a material that is different from common heterogeneous materials (isotropic: the same mechanical properties in all directions). A composite material is a combination of two or more materials that results in better properties than those of the individual components used alone. When a structure is made of a composite material, this effect should be considered in a mechanical study and a structural analysis. In this work be compared experimental results with theoretical results obtained by a numerical analysis (finite element). First we did a calculate the normal strain and the loads transmitted to specimens and then three different mechanical test simulations were made with simulation software ANSYS.

Palabras Clave

Materiales compuestos; Propiedades mecánicas; elemento finito.

INTRODUCCIÓN

Materiales compuestos

Los materiales pueden ser clasificados de manera general como isotrópicos, ortotrópicos o anisotrópicos. Los materiales isotrópicos tienen las mismas propiedades en todas las direcciones, y las cargas normales generan esfuerzos normales. Los materiales ortotrópicos sólo tienen propiedades similares en tres direcciones ortogonales. En comparación, los materiales anisotrópicos tienen diferentes propiedades en todas las direcciones del cuerpo.

La mayoría de los materiales, tales como metales y polímeros son tratados como materiales isotrópicos, mientras que los materiales compuestos son tratados como anisotrópicos.

Un material compuesto puede ser definido como una combinación de dos o más materiales en un material con mejores propiedades que las de cada uno de sus componentes individualmente, en contraste con las aleaciones metálicas, cada uno de los componentes del material compuesto conserva sus propiedades químicas, físicas y mecánicas [1].

Los materiales compuestos están reemplazando a los materiales tradicionales, por sus propiedades superiores así como una alta resistencia a la tensión, baja expansión térmica, alta resistencia para una relación de peso [2].

Frecuentemente se refiere al material compuesto como un material que tiene fibras fuertes (continuas o discontinuas) rodeado de una matriz de un material frágil. La matriz sirve para distribuir las fibras y también para transmitir las cargas. Las fibras consisten en miles de filamentos, cada filamento tiene un diámetro entre 5 y 15 micrómetros.

Algunas características de los materiales compuestos son :

- Menor peso, el aumento de la carga útil, aumentar el rango de mejora de las actuaciones.
- Buena resistencia a la fatiga, lo que significa un ahorro en el costo a largo plazo.

- Buena resistencia a la corrosión, que se traduce en una menor inspección continua y a la vez disminución de costos de mantenimiento[3].

A partir del conocimiento de la diferencia entre un material compuesto y un material común, se consideraron estas diferencias para realizar un correcto análisis.

El laboratorio de pruebas LAPEM proporciono el resultado de las pruebas mecánicas hechas al brazo de fibra de vidrio; las pruebas efectuadas fueron: a tensión, flexión de tres puntos y en Cantilever con una carga vertical en el extremo.

En base a estos resultados se procedió a realizar la simulación por medio de elemento finito para finalmente comparar resultados teóricos y experimentales.

MATERIALES Y MÉTODOS

De acuerdo con el plan de trabajo establecido, una vez realizada la investigación bibliográfica, se tomo una capacitación específica , empezando con el software CATIA, cuya finalidad principal es dibujar piezas y ensambles..

A continuación siguió la capacitación en FEA, esta se impartió para el software comercial ANSYS.

Una vez conocido el funcionamiento general de CATIA y ANSYS, se continuo por realizar el análisis particular.

Se empezó por revisar la información proporcionada por el laboratorio, en este, se hicieron tres pruebas mecánicas, la primer prueba fue de "Resistencia a la Tensión Mecánica" y de la cual se nos proporcionó la siguiente información (ver Tabla 1):

- Producto: Probetas de fibra de vidrio para prototipo de bazo aislado, marca TEHIBA.
- Equipo Utilizado: Máquina universal SINTECH de 10t, celda e carga de 5000 lb y aditamentos mecánicos.
- Norma: ANSI/SIA A92.2-2001.

Para la primera prueba, primeramente se realizó el cálculo teórico del esfuerzo máximo a tensión, en

base a la ecuación para tensión (ver la Ecuación 1) [4].

$$\sigma = \frac{P}{A} \quad (1)$$

Donde σ es el esfuerzo máximo aplicado a una barra prismática, P es la carga aplicada axialmente y A es el área transversal.

Con ayuda del software ANSYS se hizo la simulación de la prueba mecánica a tensión para cada uno de los cinco especímenes, considerando una longitud de 100 mm, para el ancho, espesor y carga se utilizaron los datos reportados en la Tabla 1. Las condiciones de la simulación fueron: un extremo de la probeta fijo y en el otro extremo se aplico la correspondiente carga axial.

La segunda prueba realizada por el laboratorio fue "Prueba a flexión como viga simplemente apoyada". De esta prueba se conocía lo siguiente (ver Tabla 2) :

- Producto: Probetas de fibra de vidrio para prototipo de brazo aislado, marca TEHIBA.
- Equipo Utilizado: Maquina universal SINTECH de 10t, celda de carga de 5000 lb y aditamentos mecánicos.
- Norma: NMX-E-088-1979.

Para esta segunda prueba mecánica primero se hizo el cálculo de la carga aplicada en el centro de la probeta, esta carga se obtuvo despejando la Ecuación 2 la cual encontramos en la norma correspondiente [5]:

$$\sigma_f = \frac{3PL}{2bh^2} \quad (2)$$

Donde σ_f es el esfuerzo a flexión, b es el espesor de la probeta prismática, h es el ancho de la probeta, y L es el claro entre apoyos.

Las dimensiones utilizadas son las reportadas en la Tabla 1 al igual que el esfuerzo a flexión. Se considero una longitud de probeta de 220 mm con un claro entre apoyos de 100 mm.

La tercer prueba es "Resistencia al Cantilever" con las siguientes especificaciones:

- Producto: Prototipo de brazo aislado de fibra de vidrio, marca TEHIBA.

- Equipo: Celda de carga HBM y aditamentos mecánicos.
- Carga máxima aplicada : 27301 N.
- Norma: ANSI/SIA A92.2-2001.

Igualmente se realizó la simulación en ANSYS de esta prueba.

Para los tres casos de estudio, se utilizó una razón de Poisson de 0.183 [6] y un módulo de elasticidad de 6,803.52 MPa, que es el promedio de los cinco especímenes de la segunda prueba.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados de la primer grupo de simulaciones se muestran en la Tabla 3, en la IMAGEN 1 se aprecia la simulación del espécimen 4.

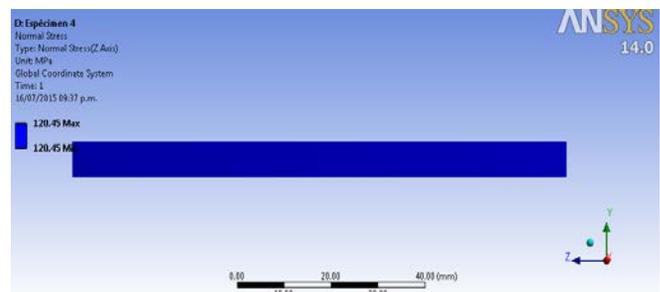


IMAGEN 1: Esfuerzo normal para el espécimen 4 de la prueba a tensión.

$$\%e = \frac{Y_{real} - Y_{aprox}}{Y_{real}} = \frac{\sigma_r - \sigma_a}{\sigma_r} \times 100 \quad (3) [7]$$

Los resultados de las segundas simulaciones se muestran en la Tabla 4. Los errores relativos son pequeños lo cual significa que existe poca discrepancia entre los datos prácticos proporcionados por el laboratorio y los esfuerzos calculados con el software. Lo que indica que las simulaciones reproducen correctamente las pruebas y se realizaron de acuerdo a la norma.

En la IMAGEN 2, se muestra el esfuerzo normal máximo del espécimen 2 de la prueba a flexión.

Tabla 1: Resistencia a la Tensión Mecánica

Espécimen No.	Ancho (mm)	Espesor (mm)	Área (mm ²)	Carga Máx. (N)	Esfuerzo Máx. (MPa)
1	19.77	8.65	171.01	18 385	107.5
2	19.74	8.49	167.60	20 024	119.5
3	19.86	7.65	151.92	19 561	128.8
4	19.88	7.10	141.15	17 001	120.4
5	20.48	8.58	175.72	18 730	106.6

Tabla 2: Prueba de flexión como viga simplemente apoyada

Espécimen No.	Ancho (mm)	Espesor (mm)	Esfuerzo a la Flexión (MPa)	Módulo de elasticidad a la flexión (MPa)
1	13.28	11.20	14.46	6591.6
2	13.63	11.00	14.69	6767.5
3	13.56	11.60	16.00	6638.3
4	13.40	11.28	14.97	7129.6
5	13.72	10.78	13.97	6890.6

Tabla 3: Resultados de Resistencia a la Tensión Mecánica

Espécimen No.	Esfuerzo máximo (MPa) σ_r	Esfuerzo numérico (ANSYS) (MPa) σ_a	Error relativo (%) %e
1	107.508	107.51	0.0018
2	119.475	119.48	0.0042
3	128.759	128.75	0.0070
4	120.446	120.45	0.0012
5	106.590	106.58	0.0094
	$\overline{S_{ut}} = 116.5556$		

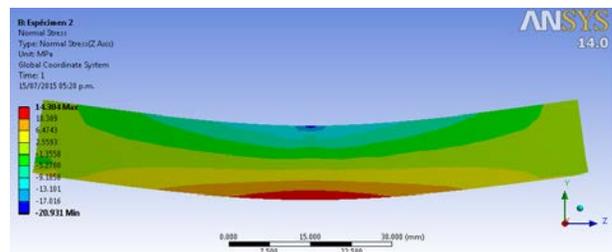


IMAGEN 2: Esfuerzo normal para el espécimen 2 de la segunda prueba.

Tabla 4: Resultados de flexión como viga simplemente apoyada

Espécimen en No.	Esfuerzo a la flexión σ_r (MPa)	Esfuerzo numérico (ANSYS) σ_a (MPa)	Error relativo %e
1	14.46	14.033	2.9530
2	14.69	14.304	2.6276
3	16.00	15.597	2.5188
4	14.97	14.597	2.4916
5	13.97	13.611	2.5698

Para el caso de la prueba en Cantilever, solo se realizó una simulación donde las propiedades aplicadas son las obtenidas en las pruebas anteriores y la geometría es una propuesta particular, ya que en el informe del laboratorio no se indican detalles al respecto; De la simulación se obtuvo un esfuerzo máximo de $\sigma_m = 142.19 MPa$ (ver IMAGEN 3). En este caso debido a las limitantes del laboratorio la probeta no se llevo a la falla, y la carga aplicada es la carga máxima aplicada por el laboratorio.

En base a la teoría del esfuerzo normal máximo para materiales frágiles se calculó un factor de seguridad:

$$\sigma_A = \frac{S_{ut}}{n} \quad \sigma_A \geq S_{ut} \quad (4) \quad [8]$$

$$n = \frac{S_{ut}}{\sigma_A} = \frac{\overline{S_{ut}}}{\sigma_m} = \frac{116.5556 MPa}{142.19 MPa} = 0.8197$$

Se considera que el factor de seguridad es insuficiente, por lo que se requiere rediseñar el brazo.

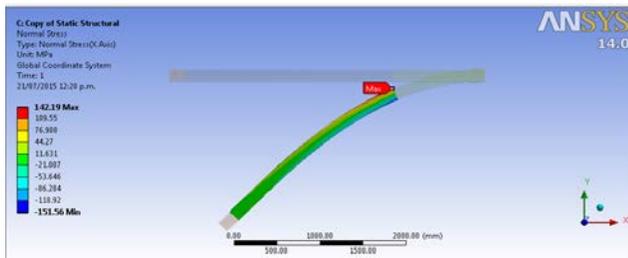


IMAGEN 3: Esfuerzo normal para el brazo en Cantilever.

CONCLUSIONES

Aunque los materiales compuestos son más complejos en comparación con los materiales isotrópicos, para este trabajo se considero el mismo módulo de elasticidad, en todas las direcciones de la fibra de vidrio, aunque esto no es del todo cierto. En el caso de la primer prueba los resultados de las simulaciones y de la experimentación son prácticamente iguales, en este caso la suposición anterior no influye. En el caso de la prueba a flexión se tiene un error promedio del 2.63%. Dado lo anterior se considera que la suposición inicial es una buena aproximación a los resultados reales y esto facilita la simulación,

Para la prueba en Cantilever, de acuerdo a la teoría de falla utilizada, el brazo fallaría, por lo que es indispensable un rediseño.

REFERENCIAS

- [1] Campbell, F. C. (2010). Introduction to Composite Materials United State of America (1st ed.), Structural Composite Materials (pp. 1-18), ASM International.
- [2] Ramesh M., Paanikumar K., Hemachandra K., (2013). Mechanical property evaluation os sisal-jute-glass fiber reinforced polyester composites, Composite, Part B(48), pp. 1-9.
- [3] Daniel G. Suong V. H. Stephen W. T. (2003), Composite Materials Interest and Properties, United States of America (4th ed.) Composite Materials Design and applications (pp. 15-49), CRC Press LLC.
- [4] Gere J. M. (2013). Tension Compression and shear, United State of America (8th ed.) Mechanics of Materials (pp.4-74), Cengage learning.
- [5] Standart Test Methods for Flexural Properties of Unreinforced and Reinforced Plastics and Electrical Insulating Materials. ASTM D 790-03.
- [6] Matweb LLC. (1996-2015). Material Property Data. Recuperado de www.matweb.com.
- [7] Edwards C. H., Penney D. E. Modelos matemáticos (4 ed.), Ecuaciones diferenciales (pp.107-108), Prentice Hall.
- [8] Richard G. B. Nisbett J K. (2012), Fallas resultantes de carga estática, México, (9 ed.) Diseño en ingeniería mecánica de Shigley (pp. 205-253), Mc Graw Hill.