

Factibilidad del reforzamiento de polímeros con fibras de lechuguilla.

A. Velázquez, A. Díaz, A. Zaragoza, M. Román
Centro de Investigación en Materiales Avanzados, S.C.
Miguel de Cervantes # 120 C.P. 31109. Chihuahua, Chih. México.
anibal.velazquez@cimav.edu.mx

Introducción

En años recientes las fibras naturales han tomado gran importancia, ya que éstas son una alternativa para el reforzamiento de polímeros termoplásticos o termofijos. Una de las ventajas que ofrecen las fibras naturales sobre otros materiales de refuerzo es que son de bajo costo, biodegradables, de baja densidad, no abrasivas y fácil de procesar.

El objetivo de esta investigación, es evaluar la factibilidad del uso de las fibras de lechuguilla para reforzar materiales poliméricos. Para este estudio, se consideran 2 tipos de matrices: polietileno de alta densidad (termoplástico) y poliéster (termofijo).

Para responder con certeza a la factibilidad del reforzamiento de los polímeros con fibra de lechuguilla, se decidió seguir las siguientes etapas:

Primeramente las fibras fueron caracterizadas por el estudio de su morfología y microestructura, sus propiedades mecánicas y su composición química. Después se caracterizaron y eventualmente se modificaron los materiales que pueden servir de matriz para las fibras. Finalmente se midió la adherencia entre las fibras y la matriz con la prueba de pull out.

Toda la información obtenida en las etapas anteriores es suficiente para concluir sobre la factibilidad del uso de las fibras de lechuguilla en compósitos de matriz polimérica. Sin embargo, durante la presentación en el congreso se mostrarán los resultados con pruebas mecánicas con placas de compósitos.

Caracterización de las fibras

Para caracterizar las fibras se midieron sus diámetros, con la ayuda de un microscopio. El promedio es de 0.3658 mm y desviación estándar de 0.074 mm (20 % del promedio), hay entonces una gran dispersión de los diámetros. Asimismo se midió la longitud obteniendo un promedio de 404.1 mm y una desviación estándar de 42.9 mm. Además de su morfología, fue analizada su microestructura en el microscopio electrónico de barrido (MEB) y se demostró la existencia de microfibras de sección hexagonal de diámetro alrededor de 30µm. Por otro lado, se determinó también su densidad, con un promedio de 1.79 g/cm³. Asimismo, se midió la absorción de humedad y se obtuvo 55.158 %.

Para la caracterización mecánica se realizaron ensayos de tensión con 1 sola fibra y con mechas torcidas de 10 fibras (se ha mostrado que la fibra al ser torcidas y alineadas presentan mayor resistencia que la fibra sin torcer, es por esto que se utilizó mechas para el compósito)¹. Las mechas fueron torcidas con diferentes números de vueltas para determinar, el número de vueltas óptimo. En la Tabla 1, se presentan los resultados de estas pruebas. En esta tabla se puede apreciar que el número de vueltas óptimo para una mecha es de 20 vueltas/ 30 cm, en términos de rigidez y de resistencia. Es importante señalar a lo que se llamó rigidez normalizada es la rigidez de una probeta multiplicada por su longitud. Se deduce que el módulo de Young de una fibra vale aproximadamente 7.3 GPa y su resistencia vale 176 MPa. Hay otros dos aspectos importantes que hay que señalar.

- Los valores de la resistencia de una mecha son mayores a 10 veces a las de una fibra pues existen fuerzas de fricción entre las fibras.
- A medida que se incrementa el número de vueltas se incrementan las propiedades mecánicas, pero hay un número de vueltas óptimo a partir del cual el incremento en el número de vueltas fragiliza la mecha.

Tipo de probeta	Rigidez normalizada kg/mm (mm)		Resistencia máxima en kg	
	Promedio	Dispersión	Promedio	Dispersión
1 fibra	78.7097	23.8289	1.97	0.56
Mecha de 10 vueltas por 30 cm	455.218	11.93	10.51	2.05
Mecha de 20 vueltas por 30 cm	621.304	82.8813	20.34	1.17
Mecha de 30 vueltas por 30 cm	525.398	27.9277	17.09	1.69
Mecha de 40 vueltas por 30 cm	399.80	23.057	14.24	1.07

Tabla 1. Resultados de las pruebas mecánicas con las fibras y las mechas de 10 fibras.

Por otro lado se realizaron análisis de la composición química de la fibra. El análisis se realizó de acuerdo a la norma ASTM y se obtuvieron los siguientes resultados:

Componentes de la fibra	Contenido (% peso)
Lignina	14.65
Holocelulosa	83.20
Extraíbles en alcohol-benceno	0.41
Extraíbles en agua	1.74

Tabla 2. Composición química de las fibras

Los resultados obtenidos fueron casi similares a los reportados por otros autores². Como se puede observar en la Tabla 2, la fibra presenta relativamente un alto contenido de lignina, lo cual, no es un parámetro importante que pueda contribuir a la resistencia de la fibra. Sin embargo, la holocelulosa (= hemicelulosa + celulosa) es un parámetro importante ya que la celulosa contribuye a la resistencia de la fibra.

Caracterización de las matrices

Se estudiaron dos tipos de matrices de PE y Poliéster, pero como ya se ha reportado por otros investigadores las fibras son poco compatibles con los polímeros termoplásticos³. Por esto, se agregó un agente compatibilizante de PPAM (polipropileno de anhídrido maléico)⁴. Por el contrario, los termofijos son bien conocidos por tener una buena adhesión en muchos materiales que contienen celulosa³.

Matriz	Esfuerzo máximo (MPa)	Modulo de Young (GPa)
PE	21	1.0
PPAM	16	1.15
Poliéster	17	2.75

Tabla 3. Resultado de las probetas con las matrices

Como se mencionó anteriormente el objetivo de este trabajo es evaluar la factibilidad del refuerzo de los polímeros estudiados por medio de fibras de lechuguilla. Por eso, es importante determinar las propiedades mecánicas de las matrices. En la Tabla 3, se resumen los resultados de las propiedades mecánicas, y se puede observar que los módulos de Young son similares para el PPAM y el PE mientras que el poliéster tiene un módulo 2 veces mayor. Puesto que las propiedades mecánicas de los termoplásticos son similares, cuando se le agrega al PE el agente compatibilizante (PPAM), no se alteran las propiedades mecánicas del PE.

Caracterización de la adherencia fibra / matriz.

Se realizó la caracterización mecánica por medio de prueba del pull out⁵, la cual consiste en despegar la fibra de la matriz. Para esto se prepararon probetas de 1 sola fibra y una mecha de 10 fibras torcidas (20 vueltas / 30 cm), con PE modificado (con PPAM) y sin modificar y resina poliéster. En la Tabla 4 se muestran los resultados obtenidos de la adherencia fibra/matriz.

La columna longitud corresponden a la altura de la pieza hecha de matriz la resistencia de la interfase corresponde al cociente de la fuerza máxima entre la altura de la pieza hecha de matriz. Se puede observar que el poliéster es el que mejores propiedades presenta. También la adición de PPAM parece mejorar la adherencia fibra / PE, sobre todo con la proporción de un 20 % de PPAM.

Una manera de mejorar la adherencia fibra/matriz es hacerle un tratamiento a la fibra. Se hicieron dos tipos de modificación química a las fibras para una mejor adherencia entre la matriz. Se pudo apreciar que los grupos de OH de las fibras reaccionaron, los cuales fueron confirmados por medio de espectro FTIR. Sin embargo, las fibras pierden notablemente su resistencia, por lo tanto no se hará el tratamiento sobre las fibras que serán utilizadas para el compósito.

No. de fibras	Matriz	Resistencia de la interfase kg/mm	
		Promedio	Dispersión
10 1	Poliéster	2.5752 0.2116	0.6915 0.057
10 1	PE PE	0.800 0.102	0.1288 0.048
10 1	PE + 2.5% PPAM	0.8697 0.1739	0.2112 0.0572
10 1	PE + 5% PPAM	1.14 1.107	0.1540 0.0803
10 1	PE +7.5% PPAM	0.8431 0.14	0.183 0.0731
10 1	PE +10% PPAM	1.1697 0.1498	0.33 0.021
10 1	PE +20% PPAM	1.2234 0.1917	0.1680 0.0298

Tabla 4. Resultados de pull-out

Discusión

En los ensayos de tensión, se demostró que la fibra sin torcer no presenta una rigidez de mayor relevancia, comparada con otras fibras naturales². Sin embargo, las mechas (20 vueltas/30 cm) presentan considerablemente una alta resistencia. Y pueden ser usadas para reforzar los polímeros estudiados (la resistencia de los polímeros es inferior a 22 MPa y la resistencia de las mechas sería mayor a la de una fibra, es decir 176 MPa) del punto de vista de la resistencia. Sin embargo, del punto de vista de la rigidez, parece que las fibras no reforzarían mucho a los polímeros (el módulo de Young de la fibra es apenas 2 o 3 veces mayor al de la matriz).

Las observaciones del párrafo anterior suponen que no hay defectos y que hay una perfecta adherencia entre la fibra y la matriz. Si se toman en cuenta los ensayos de pull-out se puede decir que el PE solo, no es un buen candidato para ser utilizado como matriz. Por otro lado, el PE + 20% de PPAM es el mejor candidato en su familia para ser matriz del compuesto, ya que presenta una adherencia a la fibra tan buena como la del poliéster a la fibra.

Cabe señalar que durante los ensayos de pull-out las fibras en el centro de las mechas se despegaban primero que la del exterior para el caso de las matrices de PE y de PE + PPAM, lo que significa que las fibras de las mechas no fueron bañadas completamente por la matriz (debido a la viscosidad del termoplástico). Esto significa que para realizar el compuesto habrá que poner atención en la presión de conformado para que las fibras sean bañadas completamente.

De este estudio se puede deducir que las fibras de lechuguilla pueden reforzar al PE siempre y cuando se agregue un 20 % de PPAM y que también estas fibras pueden reforzar al poliéster. Este refuerzo es del punto de vista de la resistencia esencialmente y será mayor si se utilizan fibras torcidas (20 vueltas / 30cm).

Conclusión

Se estudió la posibilidad del uso de fibras de lechuguilla como refuerzo en matrices termoplástica (PE) y termofija (poliéster). La fibra se utilizó de forma torcida y alineada, ya que presenta buena resistencia a la tensión. En la prueba de pull-out de las matrices de PE y Poliéster se demostró que la mejor adherencia con fibras es para el poliéster, seguido del PE modificado con 20% de PPAM. Debido a los resultados obtenidos se pudo comprobar que la fibra de lechuguilla en mechas torcidas (20 vueltas / 30cm) puede reforzar (del punto de vista de la resistencia) poliéster y polietileno modificado con 20 % de PPAM.

Los autores agradecen al CONACYT por su apoyo.

Referencias

1. Gautianos S, Eng T, Skrifvars M, Peijs T. ICCM-14, 14th International Conference on Composite Materials July 14 -18 2003
2. Bledzki A, Gassan J. Prog. Polym. Sci. 24 (1999) 221-274
3. Hanstrand P, Oksma K, polimer compósitos, August 2001, vol. 22. No. 4
4. Keener T, Stuart R, Brown T, Composites : Part A 35 (2004) 357-362
5. Pomel C, Baley C, Lamy B. XV Congrès Français de mécanique. Nancy 3-7 september 2001