

Desarrollo de laminados compuestos con fibras minerales

M.D. Samper⁽¹⁾, V. Fombuena⁽¹⁾, J.M. Ferri⁽¹⁾, A. Jordá-Vilaplana⁽²⁾,
L. Sánchez-Nácher⁽¹⁾

(1) Instituto de Tecnología de Materiales (ITM)
Departamento de Ingeniería Mecánica y de Materiales. Universitat Politècnica de València
Plaza Ferrándiz y Carbonell s/n, Alcoi, (Alicante)
e-mail: masammad@upv.es

(2) Departamento de Ingeniería Gráfica (DIG), Universitat Politècnica de València
Plaza Ferrándiz y Carbonell s/n, Alcoi, (Alicante)

RESUMEN

En este trabajo se han desarrollado materiales compuestos laminados realizados con tejido de fibra de pizarra y con tejido de fibra de basalto y se ha usado como matriz resina basada en aceite de linaza epoxidado (ELO). Los tejidos utilizados se modificaron con diferentes agentes de acoplamiento para mejorar la entrecara entre la fibra y la matriz. El comportamiento mecánico de todos los composites se evaluaron mediante tracción y flexión. La modificación superficial de las fibras de pizarra con los diferentes agentes de acoplamiento mejoró las propiedades mecánicas de los composites, aunque en mayor medida con el agente de acoplamiento trimetoxi[2-(7-oxabicyclo[4.1.0]hept-3-il)etil]silano.

INTRODUCCIÓN

Los materiales compuestos de matriz polimérica tradicionalmente se han realizado con polímeros derivados del petróleo. Sin embargo, la creciente sensibilidad de la sociedad ante la conservación del medio ambiente, hace necesario el desarrollo de materiales poliméricos y materiales compuestos derivados de recursos renovables. En este sentido los aceites vegetales son buenos candidatos ya que están compuestos por triglicéridos y cada triglicérido tiene tres ácidos grasos unidos por una molécula de glicerol. La mayoría de los aceites comunes contienen ácidos grasos cuya longitud varía entre los 14 y 22 átomos de carbono y que contienen entre 0 y 3 dobles enlaces entre carbonos por ácido graso. Los dobles enlaces de los triglicéridos ofrecen la oportunidad de modificar su estructura química para hacerlos más reactivos. La epoxidación de los aceites vegetales forma anillos oxiránicos donde antes habían dobles enlaces entre carbonos, es uno de los procesos de funcionalización de aceites más importantes se conoce desde hace muchos años [1, 2]. Es posible entrelazar las cadenas de los triglicéridos de los EVO por la rotura del anillo oxiránico e incorporar agentes de entrecruzado convencionales como aminas [3] y anhídridos [4]. Los aceites vegetales epoxidados, como el aceite de soja epoxidado (ESBO), el aceite de lizana epoxidado (ELO), el aceite de colza epoxidado y el aceite de ricino epoxidado se han utilizado para preparar polímeros termoestables y materiales compuestos [4-9].

Los refuerzos que más se emplean en materiales compuestos de matriz polimérica son las fibras de vidrio, de carbono y aramidas; debido a sus altas prestaciones, sin embargo son caras y su uso provoca un alto impacto ambiental. Por estos motivos en los últimos años se han desarrollado materiales compuestos reforzados con fibras naturales como lino, yute, cáñamo, bambú, ... [10-13]. Por otro lado, las fibras minerales como la fibra de basalto (BFs) y las fibras de pizarra (SFs), que se obtienen de la fusión de dichas rocas, son una buena alternativa para reforzar materiales

polimérico. Su composición química es similar a las fibras de vidrio, ya que está compuesta por Al_2O_3 , SiO_2 , CaO , MgO , K_2O , Na_2O , Fe_2O_3 y FeO [14] y presentan mejores características mecánicas que las fibras de origen vegetal.

Este trabajo evalúa la eficiencia de diferentes agentes de acoplamiento silano en materiales compuestos laminados basalto/ELO y pizarra/ELO.

MÉTODOS EXPERIMENTALES

Preparación de las muestras

Para la generación de la resina realizada con aceite vegetal epoxidado se ha utilizado aceite de linaza epoxidado (ELO) con un peso equivalente de epóxido (EEW) de 178 g equiv⁻¹, suministrado por Traquisa S.A. (Madrid, España) y como agente de reticulación se usó anhídrido metil nádic (MNA) que tiene un peso equivalente de anhídrido de 178,2 g equiv⁻¹, suministrado por Sigma-Aldrich (Schnelldorf, Germany). Para la obtención de la resina se mezcló el ELO y el MNA con una relación estequiométrica 1:0.9. Se usó un 1% wt de propanodiol (PDO) como iniciador de la reacción de entrecruzamiento, dicho PDO es de grado alimentario y fue suministrado con Coralim Aditivos (Ribaroja del Turia, Spain) y por último se usó 1-metil imidazol (1MI) (2% wt) como acelerador, suministrado por Sigma-Aldrich (Schnelldorf, Germany).

Los materiales de refuerzo utilizados fueron tejido de fibra de pizarra de gramaje 500 g m⁻², suministrado por Mifibra S.L. (Ourense, Spain) y tejido de fibra de basalto de gramaje de 940 g m⁻². Los tejidos fueron modificados superficialmente dos tipos de agentes de acoplamiento, todos ellos suministrados por Sigma-Aldrich (Schnelldorf, Germany):

- Agente de acoplamiento A: [3-(2-aminoetilamino)propil]-trimetoxisilano.
- Agente de acoplamiento B: trimetoxi[2-(7-oxabicyclo[4.1.0]hept-3-il)etil]silano.

Tratamiento de los tejidos con silanos

Antes de realizar el tratamiento con silanos, los tejidos, tanto los de basalto como los de pizarra, se calentaron en un horno a 300 °C durante 2 horas para eliminar posibles tratamientos superficiales que se hayan realizado a los tejidos en la manufacturación de los mismo, así se pueden eliminar todos los compuestos orgánicos presentes en los tejidos.

Después se realizaron las soluciones de silanos a un 1 wt%. Los silanos se diluyeron en una solución agua acetona (50-50 en volumen) y los tejidos se sumergieron en las soluciones durante 1 hora y por último se lavaron con agua destilada y se dejaron secar a temperatura ambiente durante 24 horas.

Realización de los composites

La realización de los composites laminados se llevó a cabo en una máquina de RTM, modelo Hypaject MKII (Plastech Thermoset Tectonics, Gunnislake, UK), se conectó una bomba de vacío en el orificio de ventilación del molde para mejorar la evacuación del aire y evitar la inclusión de burbujas de aire en los. En la fabricación de los composites se utilizaron 4 capas de tejido en la misma orientación. El curado de los composites se realizó a 100 °C durante 3 horas.

Caracterización mecánica

Los ensayos de tracción se realizaron en una máquina universal de ensayos INSTRON modelo 3382 con una célula de carga de 100 kN y una velocidad de 2 mm min⁻¹, todos los ensayos se realizaron de acuerdo con la norma ASTM: D3039-08.

En el caso de los ensayos de flexión, se realizaron en una máquina universal de ensayos LLOYD modelo 30 K con una célula de carga de 500 N y una velocidad de 1.7 mm min^{-1} según la norma ASTM: D790-10.

Para la realización de los ensayos de tracción y flexión se utilizaron como mínimo 5 probetas de cada muestra y los resultados se determinaron como valor promedio de los 5 ensayos.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la figura 1 se puede observar el comportamiento a tracción de los composites. Se puede apreciar que la variación del módulo de tracción con el uso de los silanos no es significativa en las muestras realizadas con basalto, sin embargo, se observa un incremento del módulo en las muestras realizadas con pizarra cuando las fibras se tratan con silanos. En el caso de la resistencia a tracción las muestras realizadas con fibras de basalto tratado con silanos y las realizadas con fibras de pizarra tratadas presentan mejor resistencia que las muestras sin tratar. Si comparamos los composites de ambas familias, basalto y pizarra, se observa que los composites realizados con pizarra presentan el módulo de Young más elevado que las de basalto y la resistencia a tracción es similar para ambos sistemas.

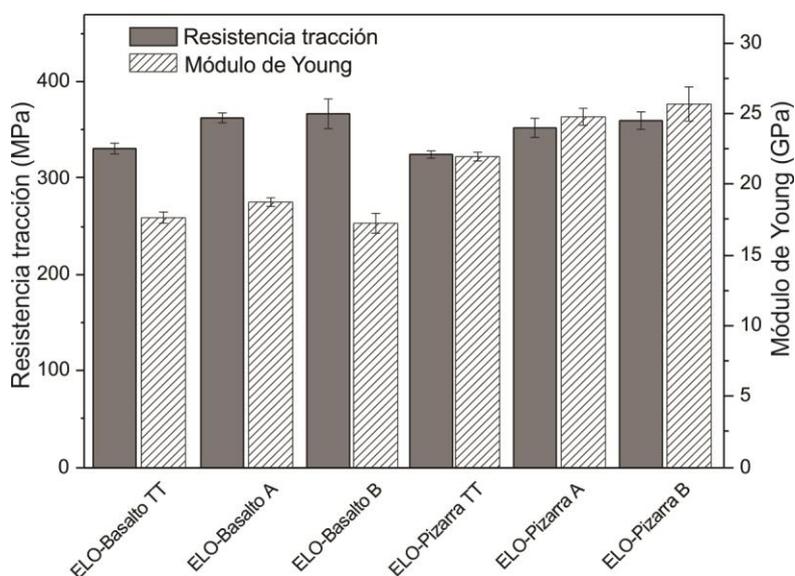


Figura 1. Gráfico comparativo de las propiedades a tracción de los composites ELO-basalto y ELO-pizarra.

En el caso de los resultados obtenidos en flexión (figura 2), se observa que el incremento de estas propiedades es mucho más pronunciado que en el caso de la caracterización mediante tracción. Los resultados también indican que el silano B es el que mejores propiedades confiere a los composites a flexión, tanto los realizados con pizarra como con basalto. En los composites realizados con basalto se puede observar que tanto el módulo de flexión y la resistencia a flexión aumenta con la modificación de la superficie del basalto con los silanos. Los composites realizados con pizarra tienen la misma tendencia pero los valores obtenidos, tanto de resistencia como de módulo de flexión, con estos composites son más elevados, también se observa que el composite con mejores propiedades a flexión es el realizado con la pizarra modificada con el silano B.

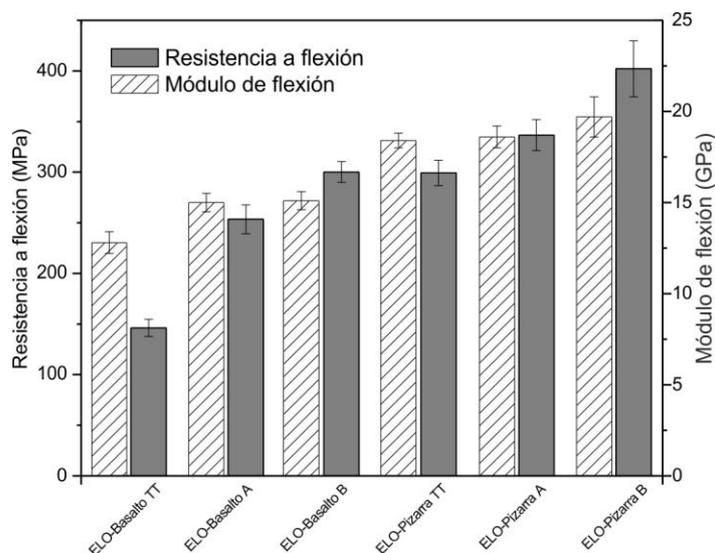


Figura 2. Gráfico comparativo de las propiedades a flexión de los composites ELO-basalto y ELO-pizarra.

CONCLUSIONES

En este trabajo se ha validado el uso de fibras minerales en la fabricación de 'green composites' utilizando como matriz una resina basada en aceite de linaza epoxidado. Además las fibras fueron sometidas a diferentes procesos de silanización con el fin de mejorar el efecto entrecara entre la matriz y el refuerzo.

Las propiedades mecánicas revelaron que los composites de pizarra presentan mejores propiedades mecánicas que los realizados con fibra de basalto y además que el agente de acoplamiento trimetoxi[2-(7-oxabicyclo[4.1.0]hept-3-il)etil]silano mejora en gran medida dichas propiedades.

REFERENCIAS

- [1] La Scala, J. and R.P. Wool. *Journal of the American Oil Chemists Society*. 79:4, 373-378 (2002).
- [2] Schmitz, W.R. and J.G. Wallace. *Journal of the American Oil Chemists Society*. 31:9, 363-365 (1954).
- [3] de Espinosa, L.M., et al. *Journal of Polymer Science Part a-Polymer Chemistry*. 46:20, 6843-6850 (2008).
- [4] Samper, M.D., et al. *Journal of the American Oil Chemists Society*. 89:8, 1521-1528 (2012)
- [5] Can, E., R.P. Wool, and S. Kusefoglu. *Journal of Applied Polymer Science*. 102:2, 1497-1504 (2006).
- [6] Espinoza-Perez, J.D., et al. *Polymer Composites*. 32:11, 1806-1816 (2011).
- [7] Fombuena, V., et al. *Journal of the American Oil Chemists Society*. 90:3, 449-457 (2013).
- [8] Khot, S.N., et al. *Journal of Applied Polymer Science*. 82:3, 703-723 (2001).
- [9] Liu, Z.S., et al. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 54:6, 2134-2137 (2006).
- [10] Liu, D.G., et al., *Bamboo fiber and its reinforced composites: structure and properties*. *Cellulose*. 19:5, 1449-1480 (2012).
- [11] Shahzad, A. *Journal of Composite Materials*. 46:8, 973-986 (2012).
- [12] Akil, H.M., et al. *Materials & Design*. 32:8-9, 4107-4121 (2011).
- [13] Yan, L.B., N. Chouw, and K. Jayaraman. *Composites Part B-Engineering*. 56, 296-317 (2014).
- [14] Militky, J., V. Kovacic, and J. Rubnerova. *Engineering Fracture Mechanics*. 69:9, 1025-1033 (2002).