

Materiales Compuestos

September 4

2012

Mayara Anabel Díaz, Horacio Reséndiz, Karina Linares,
Edgar Olivas, Luis Carlos López.

Materiales de
matriz
polimérica

ÍNDICE

INTRODUCCIÓN.....	2
MATERIALES COMPUESTOS DE MATRIZ POLIMÉRICA	3
<i>IMPORTANCIA DE LOS MATERIALES COMPUESTOS</i>	6
<i>PROPIEDADES</i>	7
<i>VENTAJAS Y DESVENTAJAS</i>	8
<i>APLICACIONES</i>	9
BIBLIOGRAFÍA Y REFERENCIAS	11

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1	¡Error! Marcador no definido.
Tabla 2	6

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Figura 1	10
Figura 2	¡Error! Marcador no definido.

INTRODUCCIÓN

La necesidad de reducir peso e incrementar la funcionalidad, combinada con mínimo mantenimiento en automoción, aeronáutica y otras aplicaciones ha permitido el desarrollo de los plásticos reforzados con fibras (FRP's). Estos materiales se caracterizan por una alta resistencia y rigidez y por su bajo peso, propiedades que resultan ser superiores en muchos casos a las de los materiales metálicos.

Adicionalmente, la relación entre la resistencia a la fatiga y el peso es excelente. Por tanto, estos materiales han reemplazado a los convencionales como componentes resistentes o estructurales en un gran número de aplicaciones.

El secreto de los materiales compuestos reside en la elección de un sistema de matriz adecuado y su asociación con fibras de refuerzo, obteniéndose como resultado un nuevo material con cualidades diferentes, que no son alcanzables por cada uno de los materiales predecesores de manera aislada.

Los materiales compuestos de matriz polimérica combinan una matriz plástica con fibras de vidrio o de carbono. Sus atractivas propiedades les hacen ser competitivos con otros materiales del mercado.

Es el esfuerzo fibroso el que consigue dotar al material compuesto de la resistencia mecánica adecuada, mientras que la matriz aporta elasticidad, resistencia química y térmica, y, sobre todo, bajo peso. Raras veces los refuerzos se presentan en forma de partículas; lo normal es que se trate de fibras, que pueden ser cortas o, según las prestaciones exigidas al material resultante.

Los procesos de conformación utilizados son numerosos (inyección, extrusión, etc.) y dependen tanto de la naturaleza termoplástica o termoestable del material, como de la propia aplicación concreta (forma de la pieza, prestaciones deseadas, imperativos de producción, etc.). En el caso de fabricación de tubos de plástico reforzado con fibras de vidrio, el procedimiento más común es el bobinado.

MATERIALES COMPUESTOS DE MATRIZ POLIMÉRICA

Un compuesto con matriz polimérica, CMP (en inglés PMC), es un material compuesto que consiste en un polímero incorporado a una fase de refuerzo como fibras o polvos. Consiste en una fase primaria de polímero en la cual es embebida una fase secundaria a base de fibras, partículas u hojuelas. Estos, son los de mayor importancia comercial de las tres clases de compuestos sintéticos.

En un CMP, las materias primas son un polímero y una fase de refuerzo. Se procesan separadamente antes de convertirse en fases del compuesto.

En los CMP se usan como matrices los tres tipos de polímeros básicos, termoplásticos, termofijos y elastómeros. Los más comunes son los polímeros termofijos.

La primera generación de compuestos, con sistemas de matriz que fueron termofijos epóxicos general y relativamente frágiles, eran poco resistentes al impacto y muy susceptibles a la delaminación. En los últimos años, las industrias aeroespacial y de materiales, han investigado los polímeros matriz, con la meta de mejorar la resistencia y tolerancia al daño de estructuras hechas de esos sistemas.

Estos materiales son de buenas propiedades mecánicas, resistentes a la corrosión y a los agentes químicos, y que dadas sus particulares características, pueden ser moldeados con absoluta libertad de formas.

El primer ejemplo comercial del uso de materiales compuestos con matriz polimérica fue aplicado a partes automotrices, cuando la Toyota Motor Company aplicó El nylon 6 para incorporarlo en las cubiertas de las bandas de tiempo de los motores de combustión interna.

Recientemente, las líneas de conducción de combustible en el automóvil Honda Acura han sido una muestra más de aplicación de materiales compuestos de matriz polimérica, ya que se han manufacturado a partir de una matriz reforzada con fibras de nylon 12, el cual es más ligero y más resistente a la corrosión, comparado con el aluminio que se usaba anteriormente para fabricar estas tuberías.

De la combinación de matriz-refuerzo, es este último el que le otorga las principales propiedades mecánicas al nuevo material.

De hecho las fibras de refuerzo ya constituyen por si solas el elemento resistente del material. Sin embargo, aisladamente, su eficiencia no es la óptima. Es necesario entonces combinarlas con una matriz que las proteja de factores externos y con algún tipo de esfuerzo en particular. Pueden ser cortas, largas o estar entretejidas, a estas se les pide como requisito la compatibilidad con los materiales que forman la matriz; es decir, que la resistencia de la interface sea similar a la de la matriz. La orientación de las fibras de refuerzo es sumamente importante.

Termofijos endurecidos

Una aproximación al endurecimiento de la matriz, es mediante el “aleado” polimérico de resinas frágiles con termoplásticos más duros o sistemas de caucho. Esto puede tomar la forma de mezclas poliméricas con discretas fases secundarias, redes interconectadas, o copolímeros aleatorios o de bloque.

Termoplásticos

Los polímeros termoplásticos de alto desempeño proveen combinaciones de dureza y resistencia a la temperatura que no pueden ser alcanzadas por la mayoría de los sistemas de matriz de termofijo (NRC 1987). Mientras que la dureza de las matrices termofijas puede mejorar la resistencia a la delaminación del compuesto, las propiedades excepcionales de los termoplásticos de alto desempeño, no se han traducido bien en un desempeño mejorado de los compósitos. También la alta temperatura de fusión y la alta temperatura de viscosidad requieren que los sistemas termoplásticos sean procesados a temperaturas y presiones significativamente mayores que para aquellas requeridas en los termofijos, limitando la configuración y tamaño de las partes a la capacidad en tamaño de la prensa.

Fibras

Los compósitos de matriz polimérica se han desarrollado en los materiales estructurales importantes debido a la amplia variedad de fibras de reforzamiento de las que se dispone. Las fibras de vidrio y de carbono son hasta ahora los tipos más comunes y son producidas por un gran número de fabricantes en todo el mundo.

Otros materiales, tales como las aramidas, el cuarzo, boro, cerámica o polietileno también están disponibles y proveen propiedades únicas. Hoy en día, desarrollos en nuevas fibras están produciendo materiales de bajo módulo y tendrán aplicaciones de alto volumen, tales como automotriz, construcción e infraestructura. Otros tipos de fibras se usan en compósitos poliméricos y confieren propiedades especiales. La tabla 1.4 enlista muchas de estas junto con propiedades y usos comunes.

TABLE 1.4 Miscellaneous Fibers

Fiber Type	Manufacturer	Trade Name	Tensile Modulus (GPa)	Tensile Strength (GPa)	Density (g/cm ³)	Uses
PBO	Toyobo	Zylon AS	180	5.8	1.54	Ballistic protection, sailcloth,
		Zylon HM	270	5.8	1.56	High-temperature filters
Boron	Textron		400	3.6	2.57	Bicycle frames, skis, aircraft repairs
Quartz	Quartz Products	Quartzel	78	3.6	2.2	Radomes, heat shields, high-temperature applications
Ceramic	Nippon Carbon	Nicalon	193	2.9	2.55	High-temperature applications
Aramid	DuPont	Kevlar	55–143	2.3–3.4	1.44–1.47	Armor, ballistic protection
Polyethylene	Allied-Signal	Spectra	86–103	2.1–2.4	0.97	Chemical resistance, impact properties

Resinas

La función más importante de la matriz polimérica es permitir que las fibras compartan las cargas. Esto requiere que la matriz sea más flexible que la fibra y esté sujeta de alguna manera a ella. Ya que el método empleado para manufacturar el compósito puede tener una gran influencia en la efectividad de la transferencia de carga, las fibras reforzadoras se venden usualmente con un recubrimiento, especialmente diseñado para promover el enlace químico entre la matriz y la superficie de la fibra.

La matriz también sirve de recubrimiento o protección para las fibras y por lo tanto deberá ser elegida no solo por su habilidad de trabajar con la fibra como medio de transferencia de carga, sino también por su desempeño en el medio ambiente. Las matrices poliméricas pueden dividirse en dos clasificaciones generales: termofijas

y termoplásticas. Tal como su nombre lo dice, se emplea calor durante su procesamiento.

Un material termofijo es generalmente procesado como un líquido entrecruzado, o curado, mediante la aplicación de calor para formar una estructura química irreversible. En contraste, un termoplástico es fundido, formado y luego enfriado en un proceso reversible en el cual los materiales no están entrecruzados. Incluso hay materiales, tales como las poliamidas, que exhiben características de ambos tipos. Los materiales de matrices termofijas incluyen epoxis, poliésteres, poliamidas y fenoles, entre otros. Los epoxis son hasta ahora el material más empleado como matriz para compósitos poliméricos avanzados. La tabla 1.5 enlista tipos de materiales disponibles, propiedades físicas y límites de servicio para matrices.

TABLE 1.5 Matrices for Advanced Polymer Composites

Resin Family	Typical Cure Temperature (°F)	Maximum Service Temperature (°F)	Typical Tensile Properties		
			Strength (ksi)	Modulus (ksi)	Elongation (%)
Epoxy	350	350	8–13	375–500	3–7
	350	300			
Phenolic	300	300	1.0–1.6	75–150	
Bismaleimide	375	450	11.9	620	
Cyanate	180	350	12.7	470	

Existen diferencias en las propiedades del producto final y son usualmente el factor determinante en la selección del tipo de resina. Existen muchos tipos de materiales poliméricos empleados como matriz. Los materiales convencionales, tales como los poliésteres, poliestireno, nylon, y como los que no son usualmente pensados como matrices poliméricas avanzadas, son incluso ampliamente usadas en la industria automotriz, en medicina y otras aplicaciones comerciales.

IMPORTANCIA DE LOS MATERIALES COMPUESTOS

La importancia ingenieril de los materiales compuestos es muy grande ya que se combinan las propiedades y prestaciones de los materiales constituyentes cuando se diseña y se fabrica el material compuesto correctamente. La mayor parte de los materiales compuestos están formados por dos o más fases, una matriz con-

tinúa que rodea a las demás fases que se denominan fases dispersas y que se clasifican en función de su microestructura o geometría. La microestructura de la fase dispersa incluye la forma, tamaño, distribución y orientación de las partículas. Cuando se dan las proporciones de material matriz y material disperso hay que distinguir claramente entre relaciones en peso o en volumen ya que las densidades de estas fases pueden ser muy diferentes. Por esto, concentraciones de material fibroso dispersado en una matriz del 50 % en volumen puede equivaler a una concentración muy diferente en % en peso.

PROPIEDADES

En la selección de un material compuesto, se busca generalmente una combinación óptima de propiedades más que una propiedad en particular. Por ejemplo, el fuselaje y las alas de un avión deben ser de peso ligero y tener una combinación de resistencia, rigidez y tenacidad. Es difícil encontrar un material monolítico que satisfaga estos requerimientos. Varios polímeros reforzados con fibra poseen esta combinación de propiedades.

Las propiedades de un material compuesto se determinan por tres factores:

1. Los materiales usados como fases componentes en el compuesto.
2. La forma geométrica de los componentes y la estructura resultante del sistema compuesto.
3. La manera en la cual las fases interactúan entre sí.

Regla de las mezclas. Las propiedades de un material compuesto son función de los materiales iniciales. Ciertas propiedades del compuesto pueden calcularse por medio de la regla de las mezclas, la cual implica el cálculo del promedio ponderado de las propiedades de los materiales constituyentes. La masa del material compuesto es la suma de las masas de la matriz y de las fases de refuerzo, es decir:

$$m_c = m_m + m_r$$

Donde m = masa, y los subíndices c , m y r indican el compuesto, la matriz y las fases de refuerzo, respectivamente.

Las propiedades más interesantes en estos materiales desde el punto de vista físico-mecánico son: resistencia mecánica, rigidez, resistencia a corrosión, resistencia a la abrasión, peso, vida a fatiga, aislamiento térmico, aislamiento acústico, dureza y durabilidad, baja densidad.

Sin duda alguna, es la fibra de vidrio el refuerzo más utilizado en la fabricación de materiales compuestos de matriz polimérica, debido a sus buenas características, entre las que se resaltan:

- Excelente adherencia fibra-matriz
- Resistencia mecánica específica (resistencia a tracción/densidad) superior a la del acero en la dirección de la fibra
- Baja conductividad térmica
- Buena resistencia a los agentes químicos
- Propiedades isotrópicas.

VENTAJAS Y DESVENTAJAS

La temperatura de servicio u operación de un CMP es probablemente el parámetro más importantemente considerado al elegir la naturaleza química de la matriz. Debido a su temperatura de transición vítrea, los CMP están limitados a aplicaciones entre 260 y 316°C.

La humedad tiende a “plastificar” o ablandar a la matriz. Tal como los efectos de la temperatura, las propiedades del compósito se miden después de la exposición al agua variando los tiempos y temperaturas. Los efectos de la humedad, como los de elevadas temperaturas, son generalmente reversibles.

Junto con las ventajas, también hay desventajas y limitaciones asociadas a estos materiales, por ejemplo:

- 1) Las propiedades de muchos de ellos son anisotrópicas, cambian en función de la dirección en la cual se miden.
- 2) Los polímeros son susceptibles al ataque de agentes químicos o solventes, así como también a la radiación UV.
- 3) Son generalmente costosos, aunque esto puede reducirse incrementando el volumen.

4) Algunos de los métodos de manufactura para su conformado son lentos y costosos.

Tabla 3.1

	Ventajas	Inconvenientes	Aplicaciones
<i>VIDRIO</i>	Buena relación peso/prestaciones mecánicas Facilidad de aplicación	Elevadas prestaciones mecánicas específicas	Automoción Construcción Aeronáutica
<i>CARBONO</i>	Excelente resistencia a la rotura en tracción y compresión Buena resistencia a la humedad	Precio elevado Escasa resistencia al choque	Aeronáutica Automoción Biomecánica Deporte
<i>ARAMIDA</i>	Buen comportamiento al choque Buena resistencia a la humedad	Baja resistencia a la compresión	Automoción Construcción
<i>BORO</i>	Elasticidad elevada Buen comportamiento al choque	Dificultad de utilización	Aeronáutica militar

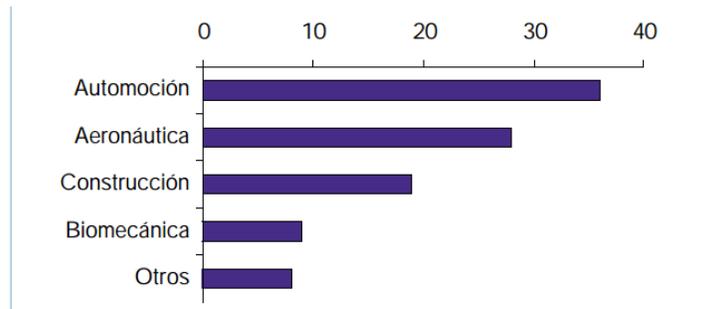
Con este análisis podemos concluir entre las ventajas y desventajas, que a pesar de las limitantes que estos materiales nos presentan, son más las ventajas que nos otorgan debido a que sus aplicaciones se van ampliando y la comodidad que nos brindan con su uso es aún mayor, por lo que podemos dejar a un lado las limitaciones. Con el tiempo también algunas de estas situaciones se pueden ir mejorando, ya que el desarrollo de estos materiales va creciendo y con ello la mejora en las propiedades.

APLICACIONES

Los campos de aplicación llegan a ser innumerables, destacando la construcción de automóviles, la aeronáutica, la construcción (mecánica y civil) y la biomecánica, donde están compitiendo con otros materiales de manera muy satisfactoria e incluso han llegado a utilizarse en exclusiva.

Los aviones stealth, tales como el F-177 y el B-2 son posibles solo debido a las propiedades únicas de compósitos poliméricos avanzados de alta resistencia y bajo peso. Desde hélices de helicópteros hasta carcasas de motores de cohetes y blindaje balístico, estos materiales han disparado una revolución en aplicaciones de nuevos productos.

Figura 1- Porcentajes de aplicación de los FRP's en diferentes sectores productivos

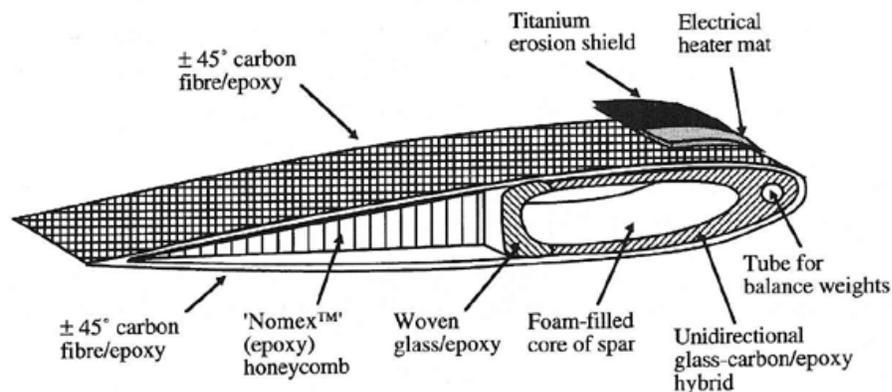


En los últimos años ha habido un rápido crecimiento de estos materiales, los que han ido reemplazando a otros materiales, en especial a los metales.

Las aplicaciones de acuerdo a cada área son:

- **Aeronáutica.** Alas, fuselaje, tren de aterrizaje.
- **Automóviles.** Piezas de carrocería, alojamiento de faros, parrillas, para-choques, bastidores de los asientos, árbol del motor.
- **Náutica.** Cascos, cubiertas, mástiles.
- **Química.** Conducciones, recipientes de presión.
- **Mobiliario y equipamiento.** Estanterías, armazones, sillas, mesas, escaleras.
- **Eléctrica.** Paneles, aislantes, cajas de interruptores.
- **Deportes.** Cañas de pescar, palos de golf, piscinas, esquís, canoas.

Fig.2 esquemática en sección a través de una construcción típica de compuestos para una pala de rotor de helicóptero.



CONCLUSIONES

El uso de compuestos de matriz polimérica reforzado con fibras continuas en aplicaciones estructurales está en aumento debido a sus importantes propiedades mecánicas. Sin embargo, la aplicación fiable de compuestos en los elementos estructurales se encuentra frenada por la dificultad de evaluar su vida de servicio.

Además, el comportamiento mecánico de los materiales compuestos (matriz polimérica) está muy condicionado por la temperatura. Si el análisis del comportamiento de fatiga en compuestos de matriz polimérica es complejo, cuando otra variable tal como la temperatura se introduce, el análisis es aún más complicado debido al comportamiento viscoelástico del polímero.

BIBLIOGRAFÍA Y REFERENCIAS

- Besednjak, A. (2009). *MATERIALES COMPUESTOS: PROCESOS DE FABRICACIÓN DE EMBARCACIONES*. Barcelona: Edicions UPC.
- Committee on New Materials for Advanced Civil Aircraft, C. o. (1996). *NEW MATERIALS FOR NEXT-GENERATION COMMERCIAL TRANSPORTS*. Washington, D.C.: National Academy Press.
- Groover, M. P. (2010). *Fundamentals of Modern Manufacturing: Materials, Processes, and Systems* (Cuarta edición ed.). Hoboken, New Jersey: JOHN WILEY & SONS, INC.
- Mata Cabrera, F. (s.f.). *Tecnica Industrial*. Obtenido de <http://www.tecnicaindustrial.es/tiadmin/numeros/13/40/a40.pdf>
- Viña, J. A. (2011). Influence of Temperature on the Fatigue Behaviour of Glass Fibre Reinforced Polypropylene. *Strain*(47), 222-226.
- Wessel, J. K. (2004). *HANDBOOK OF ADVANCED MATERIALS-ENABLING NEW DESIGNS*. Oak Ridge: WILEY-INTERSCIENCE.