

CAPITULO 1

INTRODUCCIÓN A LOS MATERIALES COMPUESTOS

La tecnología actual ha desarrollado una gran diversidad de materiales disponibles en la industria, aplicables en ensamblajes y montajes de equipos y estructuras. La fibra de carbono es un material que presenta características muy ventajosas en la fabricación de muchas estructuras por cualidades como: dureza, baja corrosión, bajo peso, resistencia necesaria para pesos moderados, no se requiere de infraestructura muy compleja para la fabricación. El término de compuesto de fibra de carbono indica materiales constituidos por tejidos de fibras continuas de alta resistencia dentro de una matriz polimérica. Tales materiales han tenido un gran uso desde los años 50 en los sectores de la ingeniería aeronáutica y mecánica por las elevadas prestaciones mecánicas registradas.

En tiempos más recientes han encontrado amplios empleos en otras producciones industriales y en particular en el sector del refuerzo estructural en el campo de la construcción. Las principales características del compuesto son una elevada resistencia a la tracción, una óptima resistencia a la corrosión, una elevada flexibilidad del sistema a las configuraciones de proyecto, pesos muy limitados

1.1 MATERIALES COMPUESTOS

Los materiales compuestos son aquellos que están formados por combinaciones de metales, cerámicos y polímeros. Las propiedades que se obtienen de estas combinaciones son superiores a la de los materiales que los forman por separado, lo que hace que su utilización cada vez sea más imponente sobre todo en aquellas piezas en las que se necesitan propiedades combinadas, en la que un material (polímero, metal o cerámico) por sí solo no nos puede brindar. Las propiedades que se obtienen son un producto de la combinación de los refuerzos que se

utilicen y de la matriz que soporta al refuerzo en los materiales compuestos, el cual también juega un papel importante en la aplicación por lo que resulta necesario hacer referencia a las propiedades que se obtienen al combinar refuerzo-matriz.

En general, la desventaja más clara de los materiales compuestos es el precio. Las características de los materiales y de los procesos encarecen mucho el producto. Para ciertas aplicaciones las elevadas propiedades mecánicas, tales como la alta rigidez específica, la buena estabilidad dimensional, la tolerancia a altas temperaturas, la resistencia a la corrosión, la ligereza o una mayor resistencia a la fatiga que los materiales clásicos compensan el alto precio

Además del refuerzo y la matriz existen otros tipos de componentes como cargas y aditivos que dotan a los materiales compuestos de características peculiares para cada tipo de fabricación y aplicación.

Las fibras de carbono o fibras de carbón son sólidos que presentan una morfología fibrosa en forma de filamentos, o una trenza de éstos, y con un contenido mínimo en carbono del 92 % en peso. Las fibras de carbono se obtienen por carbonización (1200–1400 °C) de fibras orgánicas naturales o sintéticas, o de fibras procedentes de precursores orgánicos. En la mayoría de los casos, las fibras de carbono permanecen como carbón no grafitico. Por tanto en término de fibras de grafito solo está justificado cuando las fibras de carbono (siempre y cuando sean grafitizables) han sido sometidas a un tratamiento térmico de grafitización (2000–3000 °C) que les confiere un orden cristalino tridimensional que puede observarse mediante difracción de rayos X.

Las primeras fibras de carbono utilizadas industrialmente se deben a Edison, el cual preparó fibras de carbono por carbonización de filamentos de fibras de bambú (celulosa) y fueron utilizadas en la preparación de filamentos para lámparas incandescentes. Con posterioridad habría que esperar hasta 1960 hasta que *Union Carbide* desarrollo un procedimiento industrial de obtención de fibras

continuas de carbono de alto módulo de Young a partir de fibras de rayón. En 1966 fibras de carbono de alto módulo y tensión de ruptura fueron obtenidas a partir de fibras de PAN (poliacrilonitrilo). En esta época también se desarrollaron fibras de carbono obtenidas a partir de breas de carbón y petróleo y de resinas fenólicas, sin embargo estas fibras de carbono presentan propiedades mecánicas inferiores y se comercializan como fibras de carbono de uso general. En los años 1980s se preparan fibras de carbono a partir de breas de mesofase de ultra-alto módulo que se utilizan en un número limitado de aplicaciones que requieren fibras de muy altas prestaciones.

Aunque existe una gran variedad de fibras de carbono basadas en los distintos precursores, procesos químicos y tecnológicos, su preparación conlleva las siguientes etapas comunes:

Hilado de las fibras a partir de una disolución o fundido:

Estabilización de las fibras hiladas mediante pre-oxidación o estabilización térmica, para evitar que la fibra se funda en el posterior proceso de carbonización

Carbonización en atmósfera inerte (1200 – 1400 °C).

Con estas etapas se obtienen las denominadas fibras de carbono de uso general (FCUG). Para obtener fibras de carbono de altas prestaciones (FCAP), fibras de carbono conductoras (FC) o fibras de grafito (FG) es necesario someter las fibras de carbono a tratamientos térmicos adicionales a temperaturas que pueden variar entre los 2000 y los 3000 °C.

En muchos casos también es necesario someter las fibras a un tratamiento superficial (generalmente de oxidación que generan grupos superficiales oxigenados en la superficie de las fibras que aumentan su mojabilidad) para mejorar la adhesión a la matriz.

Atendiendo a sus propiedades mecánicas las FC pueden clasificarse en:

A. Fibras de ultra alto módulo (UHM). Son aquellas que presentan un módulo de elasticidad superior a los 500 Gpa (i.e. < 50% del módulo elástico del monocristal de grafito, 1050 Gpa).

B. Fibras de alto módulo (HM). Presentan un módulo de elasticidad superior a 300 Gpa, pero con una relación resistencia a la tracción/módulo de tensión menor del 1%.

C. Fibras de alta fuerza (HT). Presentan valores de resistencia a la tensión superiores a 3 Gpa y con relaciones resistencia a la tracción/módulo de 0.015-20.

D. Fibras de módulo intermedio (IM). Presentan valores del módulo de tensión superiores a 300 Gpa y relaciones de resistencia a la tracción/módulo del orden de 0.01.

E. Fibras de bajo módulo. Son FC de estructura isótropa, con valores bajos del módulo y resistencia a la tensión. Se comercializan como fibras cortas.

En relación a los precursores utilizados para la obtención de FC las más importantes son: *Fibras de carbono a partir de rayón; Fibras de carbono a partir de PAN (poliacrilonitrilo)*, hoy en día este es el precursor más importante para la fabricación de FC y del que se obtienen la mayoría de las fibras industriales.

F. Fibras de carbono a partir de breas.

Las fibras de carbono activadas, se obtienen mediante carbonización y activación física o química de distintos precursores (breas, rayón, poliacetatos, resinas fenólicas, etc.). Se caracterizan por presentar una gran superficie específica, tamaño de poros muy uniforme y velocidades de adsorción/desorción unas 100 veces superior a la de los carbones activos. Estas fibras también se pueden obtener en forma de telas o fieltros.

Otro tipo de fibras que difiere de las anteriores en cuanto a sus características y método de obtención son las fibras de carbono crecidas en fase de vapor. Estas fibras se obtienen mediante un proceso catalítico de depósito químico en fase de vapor. Aunque de tamaño mucho menor que las anteriores, estas FC presentan una gran variedad de tamaños que van desde unos pocos centímetros hasta las micro y nano fibras.

Las FC presentan un amplio rango de estructuras en lo que se refiere a la orientación de los planos gráfiticos tanto en la dirección del eje de la fibra como perpendiculares a éste (Figura 1.1).

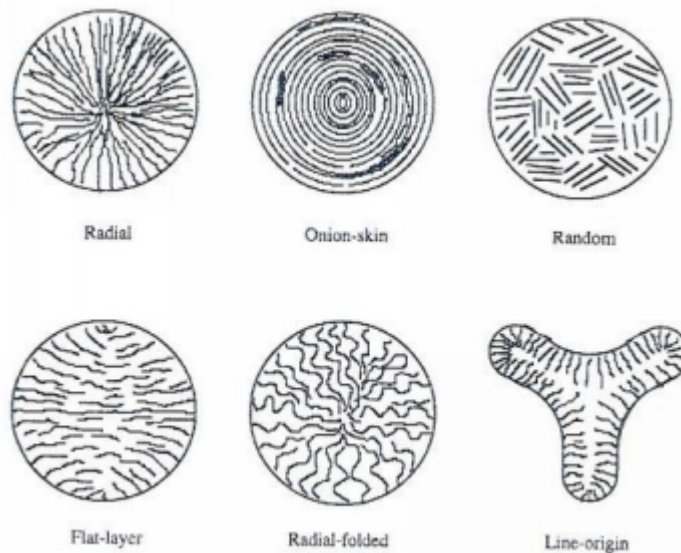


Figura 1.1 Algunas estructuras presentadas por las fibras de carbono

1.2 DISEÑO DE PIEZAS CON MATERIALES COMPUESTOS

1.2.1 MATRIZ.

Es el volumen donde se encuentra alojado el refuerzo, se puede distinguir a simple vista por ser continuo. Los refuerzos deben estar fuertemente unidos a la matriz, de forma que su resistencia y rigidez sea transmitida al material compuesto. El comportamiento a la fractura también depende de la resistencia de

la interfase. Una interfase débil da como resultado un material con baja rigidez y resistencia pero alta resistencia a la fractura y viceversa.

Las matrices se pueden clasificar en: Matrices orgánicas y Matrices inorgánicas.

Los materiales compuestos de matriz metálica han sido destinados especialmente a aplicaciones estructurales en la industria automotriz, aeroespacial, militar, eléctrica y electrónica, las cuales usualmente exigen alta rigidez, resistencia y módulo específico. Para el caso de las aplicaciones en el sector eléctrico y electrónico, se requiere en el diseño de los materiales, propiedades termomecánicas y termo físicas con una máxima transferencia de calor.

Los materiales metálicos de uso más común en compuestos de matriz metálica son las aleaciones ligeras de Al, Ti y Mg; siendo el Al el de mayor consumo debido a su bajo costo, baja densidad, buenas propiedades mecánicas, alta resistencia a la degradación ambiental y fácil manipulación. También se destaca el uso de aleaciones base Cu, al igual que se está investigando el uso de semiconductores, superaleaciones y compuestos inter metálicos.

1.2.2 REFUERZOS.

Los tipos de refuerzo se pueden clasificar en tres categorías: fibras, whiskers y partículas. Desde el punto de vista de propiedades mecánicas, se puede obtener una gran mejora mediante el uso de fibras continuas, reforzando en la dirección del esfuerzo aplicado; mientras que con whiskers y partículas se experimenta una disminución de resistencia pero se obtiene una gran isotropía en el material.

1.2.2.1 Fibras Continuas:

En el caso de las fibras metálicas, los problemas de ataque químico por parte de la matriz, los posibles cambios estructurales con la temperatura, la posible disolución de la fibra en la matriz y la relativamente fácil oxidación de las fibras de metales refractarios (W, Mo, Nb), hacen que éste tipo de materiales sean poco empleados. Esto ha dado pie al enorme desarrollo de las fibras cerámicas, siendo las más empleadas como refuerzo las de B, Al₂O₃ y SiC, y que entre sus

numerosas ventajas se cuentan: no se disuelven en la matriz, mantienen su resistencia a altas temperaturas, tienen alto módulo de elasticidad, no se oxidan y tienen baja densidad.

1.2.2.2 Partículas:

El uso de partículas como material reforzante, tiene una mayor acogida en los compuestos de matriz metálica, ya que asocian menores costos y permiten obtener una mayor isotropía de propiedades en el producto. Sin embargo, para tener éxito en los compuestos de matriz metálica desarrollado, se debe tener un estricto control del tamaño y la pureza de las partículas utilizadas. Los refuerzos típicos de mayor uso en forma de partícula son los carburos (TiC, B₄C), los óxidos (SiO₂, TiO₂, ZrO₂, MgO), la mica y el nitruro de silicio (Si₃N₄). En los últimos años se han empezado a utilizar partículas de refuerzo de compuestos inter metálicos, principalmente de los sistemas Ni-Al y Fe-Al.

Los materiales compuestos carbono/carbono son un tipo particular de materiales compuestos en los que se combinan un refuerzo de carbono y una matriz también carbonosa (resinas, polímeros o breas, con las que primero se impregna la fibra y luego se carbonizan para dar lugar a esta matriz). Este tipo de materiales se caracterizan por ser ligeros y a la vez densos, con altas prestaciones mecánicas, alta resistencia térmica (en atmósfera no oxidante) y muy inertes ante la mayoría de agentes químicos. Por el contrario su punto débil es la gran reactividad en atmósfera oxidante cuando se sobrepasan los 400-500 °C.

También son materiales de alto coste aunque los avances tecnológicos y su uso más generalizado tienden a abaratar sus costes.

Los procedimientos mas utilizados para la preseparación de materiales compuestos carbono/carbono son el depósito químico en fase de vapor (CVD) y la impregnación líquida, los cuales se pueden utilizar bien de forma individual o bien de forma combinada. En el primer procedimiento, las fibras de carbono se exponen a una corriente de un hidrocarburo (metano) que a las altas temperaturas

del tratamiento se descompone y deposita en forma de carbón pirólítico sobre la superficie de la fibra. En el caso de la impregnación líquida la preparación del material conlleva dos etapas consecutivas, la impregnación de la fibra con un precursor orgánico dando lugar al preimpregnado y la transformación de este precursor en matriz de carbono mediante la aplicación de ciclos térmicos controlados en atmósfera inerte (carbonización). Dependiendo de las aplicaciones finales del material este puede someterse a un proceso de grafitización a temperaturas del orden de los 2500 °C. En los materiales en los que se requiere una gran densidad y altas propiedades mecánicas, los materiales compuestos carbono/carbono pueden someterse a un proceso de densificación mediante infiltración del precursor de la matriz o mediante CVD (Figura 1.2).

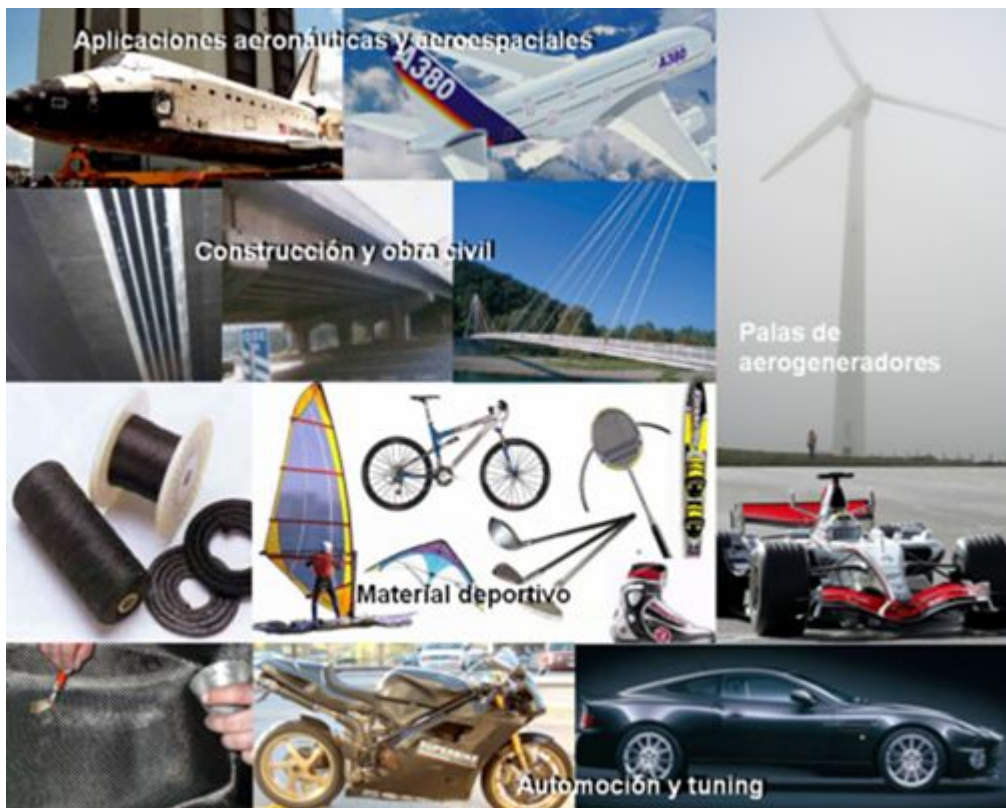


Figura 1.2 Algunas aplicaciones de los materiales compuestos C/C

1.3 OBJETIVOS

1.3.1 OBJETIVO GENERAL

Formular un procedimiento para analizar estructuras de materiales compuestos utilizando el método de los elementos finitos y llevar a cabo una aplicación práctica, en una estructura tipo sánduche, que se analiza utilizando un paquete comercial de elementos finitos de propósito general

1.3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Exponer la caracterización micromecánica de los materiales compuestos y la mecánica de láminas y laminados en base a la teoría disponible.
- Determinar las particularidades que las técnicas del método de los elementos finitos presentan para resolver problemas con los materiales compuestos.
- Desarrollar la metodología y seleccionar los elementos especializados disponibles en el software comercial mediante el análisis de materiales compuestos.
- Realizar una aplicación ingeniería, que involucre la utilización de membranas, fabricadas en materiales compuestos.
- Efectuar pruebas de funcionamiento a la estructura construida, para verificar su correcto diseño y construcción.

1.4 ALCANCE

La presente investigación tecnológica, permitirá tener una metodología base que permita realizar el diseño adecuado para poder desarrollar determinadas estructuras y elementos estructurales que utilicen materiales compuestos para su construcción, tomando en cuenta las limitaciones y ventajas que presenta el diseño de una estructura como la propuesta.

Así mismo, el presente proyecto de investigación, permitirá a los helicópteros civiles MI-171 que posee La Brigada de Aviación del Ejército N° 15 “PAQUISHA”, puedan contar con un dispositivo que les permita contar de un mecanismo de defensa para que los mismos no se vuelvan muy vulnerables a los ataques insurgentes, sobretodo en el momento de aterrizaje y desembarco de pasajeros, poniendo en riesgo la vida del personal, de los equipos y del proceso de incursión, reconocimiento, y relevo del personal en la zona de la frontera norte.

Esto permitirá dotar a estos helicópteros de una ametralladora MAG 7.62 mm., la cual posee buena cadencia de tiro y es muy confiable.

Esto permitirá realizar las operaciones militares como Incursión, Reconocimiento, y Relevo del personal en la zona de la frontera norte, actividades de control y resguardo de la seguridad exterior ante la amenaza de fuerzas irregulares que tienen sus operaciones en el sur de Colombia; por el tipo de operación militar, nuestras tropas se encuentran permanentemente expuestos a la actividad hostil de la zona, propia de las actividades subversivas y de la operaciones represivas de las fuerzas regulares de Colombia.