

FIBRAS Y MATERIALES DE REFUERZO: LOS POLIÉSTERES REFORZADOS APLICADOS A LA REALIZACIÓN DE PIEZAS EN 3D

Sergio García Díez

Correo electrónico: sgd-78@hotmail.com

Recibido: Mayo 2011; Aceptado: Septiembre 2011

RESUMEN

En el presente trabajo de investigación definimos y describimos que es un plástico reforzado con fibras. Cuáles son los elementos que lo conforman, cuál es la labor de cada uno, cuáles son las ventajas de su utilización. Asimismo se exponen unos criterios para la selección de estos refuerzos. Saber las características y tipos de refuerzos existentes será necesario dado que de esta manera se aumenta el elenco de posibilidades en el momento de confeccionar piezas tridimensionales artísticas o decorativas.

Palabras claves: resina, fibra, refuerzo, escultura, decoración.

ABSTRACT

In this paper we define and describe research that is a fiber-reinforced plastics. What are the elements that compose it, which is the work of each, what are the advantages of its use. It also sets out critery for the selection of these reinforcements. Knowing the characteristics and types of reinforcements will be needed as existing in this way increases the range of possibilities at the time of preparing three-dimensional art or decorative pieces.

Key words: resin, fiber reinforcement, sculpture, decoration.

1. INTRODUCCIÓN

Los composites o materiales reforzados con fibras, identificados como FRP, deben estas siglas a la denominación en lengua inglesa: "*Fiber Reinforced Plastics*". En español se designan como PRF: Plásticos Reforzados con Fibras. En lo que respecta a los aspectos básicos que determinan un FRP, destacamos su composición basada esencialmente en dos elementos:

1. La matriz resinosa: que puede ser de resina de poliéster o algún otro tipo como epoxi, poliuretano, acrílica, etc., y
2. Un refuerzo: Fibras o tejidos de vidrio o de carbono, etc.

Cada elemento, poseyendo su identidad propia y definida, se fusiona para formar un ente unitario: el FRP, el cuál posee propiedades superiores, *Gianlucca Minguzzi* afirma que en un material compuesto avanzado la función estructural esta desarrollada principalmente por el refuerzo constituido por las fibras, mientras que la resina desarrolla tareas estructurales complementarias, absorbiendo y distribuyendo (gracias a la circulación de la matriz entorno a las fibras) los golpes y/o empujes [1].

2. LOS POLIÉSTERES Y SUS REFUERZOS

2.1. Ventajas del empleo de fibras de refuerzo. Consideramos que con la adicción de fibras a la resina, más caminos para la exaltación creativa se enfatizan. Si bien el poliéster aplicado a la realización de ciertos elementos es quebradizo, por otra parte se puede afirmar que la interacción

de estos refuerzos conlleva que actualmente se puedan manufacturar piezas más delgadas y dotadas de cierta flexibilidad, evitándose inminentes roturas.



Figura 1. *Keith Edmier, Victoria Regia (Second Night Bloom) y Victoria Regia (First Night Bloom) (1996). Poliéster, silicona, etc.*

Evidentemente lo podemos percibir en una de las creaciones escultóricas de *Keith Edmier*, constituida por varias setas aparentemente marcianas de tamaño desmesurado, rozando el gigantismo, que colman la sala y que están compuestas por elementos largos, finos y delgados; Obviamente sin el empleo de los refuerzos hubiera sido imposible conseguir este resultado así de resistente, flexible, y ligero (Figura 1). Por lo general el método de estratificación o llamado también laminación, es el más empleado por los escultores para ejecutar una escultura en plástico reforzado. Como premisa hay que destacar que el escultor que efectúe la tarea de moldeado de su pieza, ha de asegurarse de que la fibra deba de quedar impregnada totalmente en la matriz resinosa, y que no se produzcan oquedades ni vacíos provocados por un ineficaz control de la técnica (mala impregnación, o viscosidad demasiado elevada de la resina lo que dificulta la impregnación y mojado de las fibras). Necesariamente se precisa una buena técnica en la aplicación de la resina, para que las fibras del refuerzo no afloren en la superficie ya que en el supuesto de que fuera factible, eventuales sustancias agresivas pueden penetrar hasta las fibras contribuyendo a un debilitamiento y envejecimiento anticipado, como consecuencia quedarán mermadas las propiedades mecánicas y estéticas de la escultura.

La resistencia de nuestra pieza viene determinada por varios factores:

- El tipo de matriz resinosa por el que se ha tomado.
- El tipo de refuerzos que se selecciona.
- La acción sinérgica existente entre fibra-refuerzo.

- Las características, disposición, y proporción de los refuerzos aplicados.
- El tipo de proceso productivo empleado.
- El énfasis y meticulosidad con que se han aplicado tanto la matriz como el refuerzo.

2.2. Criterios para la selección de fibras de refuerzo. Tendremos en cuenta los siguientes aspectos:

1. Ha de ser de calidad y ser compatible con la resina de poliéster.
2. Estará totalmente exento de humedad.
3. Deberá, imprescindiblemente, ser bien impregnado con la resina.
4. Se deberán conocer las características de los diferentes tipos de refuerzos, para no equivocarnos en la elección de éstos.

2.3. Características de los poliésteres reforzados. Una breve recopilación de las propiedades y elevadas prestaciones que ofrecen los plásticos reforzados se pueden encontrar bien definidas en el ya nombrado manual *Fiber Reinforced Plastics* de Gianluca Minguzzi, y vienen a ser una elevada resistencia mecánica en la dirección de las fibras, elevada ligereza, elevada resistencia a la corrosión, bajas conductibilidad térmica y eléctrica, elevada estabilidad dimensional y transparencia electromagnética [2].

Las tres primeras propiedades y la quinta son las que, desde el punto de vista escultórico, nos interesan puesto que contribuyen a que nuestra creación resista los golpes derivados de los transportes y traslados a exposiciones. La resistencia a la corrosión es fundamental si pretendemos ubicar la pieza en un entorno público a expensas de los rigores climáticos, mediambientales y condicionantes del entorno estético. Por último conviene añadir que la estabilidad de una obra de gran formato en poliéster reforzado se acentuaría probablemente con un refuerzo adicional que se basaría en instar en su interior un esqueleto de aluminio.

2.4. Clasificación de tejidos y fibras. La obtención de tejidos y fibras que están a nuestra disposición, se presentan comercialmente en multitud de modos. Las fibras poseen un diámetro que no supera los 0,1 mm, y pueden tener sección circular, aplastada o triangular. *Duillo D'arsie* explica cómo la industria produce los diversos tipos de tejidos y fibras, formados a base de los filamentos primarios en grupos de 50 a 400 o más, durante su formación se obtienen distintos hilados básicos o cabos, que reunidos a su vez en cantidad variable, con torsión o sin ella, mediante sucesivas operaciones de paralelizado, doblado y retorcido, análogas a las comunes de las hilanderías, dan lugar a una amplia gama de hilos comerciales [3].

Sin duda alguna, estos elementos se adaptarán a las formas geométricas, orgánicas, a los volúmenes esféricos, ovoideos, etc. de nuestras creaciones escultóricas.

2.5. Clasificación de hilados comerciales destinados al refuerzo de materiales

poliméricos. A continuación, recopilamos aquí, los distintos hilos concebidos para cooperar junto a las resinas.

Roving o Mechas: sencillamente se les puede describir como hilos de fibra unidos en haces o enrollados, que son presentados en el mercado a modo de bobinas u ovillos de devanado interior u exterior (Figura 2). Se presentan de dos tipos: duros y blandos. Los de tipo duro poseen un ensimaje compatible con la mayoría de resinas de impregnación. En cambio, en los de tipo blando, los filamentos elementales se separan fácilmente y pueden ser mojados con mayor rapidez. Son empleados para producir fibras cortas, para realizar tejidos o bien para procesos de estratificación automática como pultrusión o enrollamiento filamental. Del mismo modo tienen aplicaciones como refuerzo entre las capas de *Mat*.

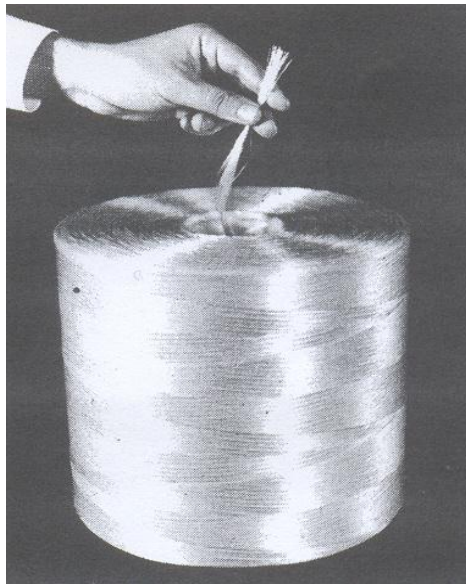


Figura 2. Roving o Mechas.

Chopped strand: consiste en fibras cortadas entre 2 a 50 mm, en diferentes longitudes para ser pulverizados con resina o ser adicionados a masillas resinosas (Figura 3). Del mismo modo, disponemos de fibras trituradas que se añaden a las resinas para aumentar la viscosidad y la resistencia del manufacturado. Su utilización queda reservada a tareas de aplicación por pistola a presión en simbiosis con resina.



Figura 3. *Chopped strand*.

Flakeglas: es una marca registrada por *Owens-corning*; suministra sutiles y minúsculas laminillas de fibra de vidrio C, químico - resistente que se para reforzar la primera capa de resina.

Mat: son hilos de base continuos o discontinuos que unidos por un adhesivo soluble o insoluble, que puede ser resinoso o formado por puntadas mecánicas, forman una estera o fieltro (Figura 4). Se denominan en peso por metro cuadrado; los más usuales son los de 300, 450, 600, y 900 gramos por metro cuadrado. Hay que puntualizar que se adaptan mejor a las formas complicadas pero tienen el inconveniente de que son menos resistentes que los tejidos. Matizamos que la resistencia que ofrecen estos fieltros de fibras cortadas al azar es igual en todas las direcciones [4].



Figura 4. Tres tipos de tejido *mat*.

Continuos strand mat: definidos como mats de fibras continuas que actúan para métodos de estratificación mecánicos como pultrusión, compresión, etc. (Figura 5).

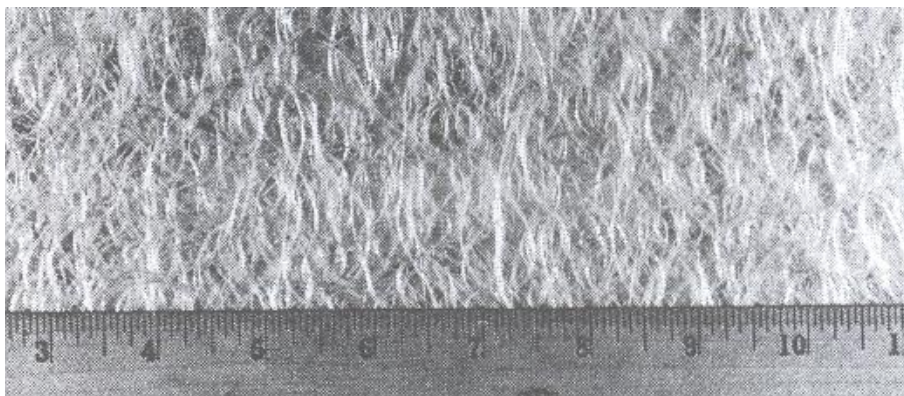


Figura 5. *Continuos strand mat*, tamaño de las fibras que lo componen.

Chopped strand mat: se basan en *mats* de fibras cortas empleados para trabajos de

estratificación realizados a mano (Figura 6).

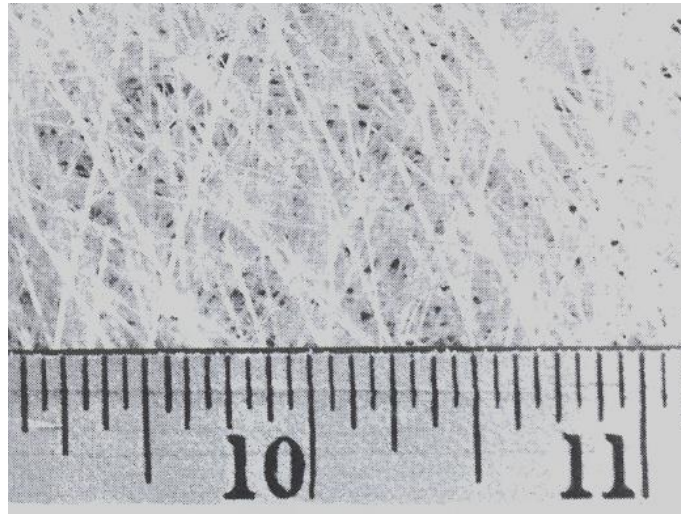


Figura 6. *Chopped strand mat*, tamaño de las fibras que lo componen.

Velos o mats de superficie: han sido concebidos para ser aplicados como barrera protectora y cuya labor no es otra que la de evitar que puedan aflorar las fibras de vidrio de una estera mat convencional. Asimismo destacamos que este elemento puede ser sustituto del gel coat puesto que se puede aplicar como laminado interior para hacer de barrera anticorrosiva, o en laminados exteriores como protección contra los agentes medioambientales. Remarcamos por último, que son resistentes a los ácidos y álcalis y se adaptan todo tipo de superficies. (Figura 7).



Figura 7. Fibras del *mat* de superficie.

Woven Fabric: tejido de hilos de base o *roving* entrecruzados ortogonalmente según una trama y urdimbre de un orden. Los tenemos en una amplia gama de formas cuya diferencia se aprecia en el tipo de tejido, en el peso por metro cuadrado y en la naturaleza de la fibra empleada. (Figura 8).

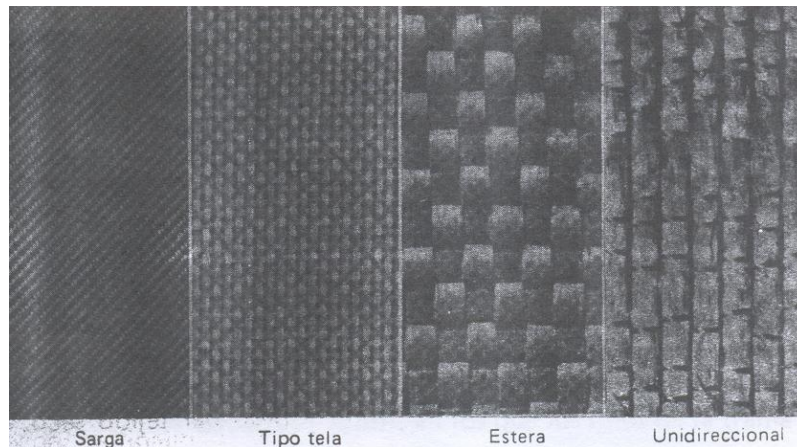


Figura 8. Muestras de tipos de tejidos.

Los tejidos se dividen en tres grupos:

a) Taffetas o telas (*plain weave*), en las que cada hilo de la urdimbre y trama pasa sucesiva y regularmente por encima y por debajo de los hilos que cruza. Urdimbre y trama tienen igual relieve en ambas caras del tejido.

b) Las Sargas (*twill*), en cuya confección, dos o más hilos se cruzan en forma alternada por encima y por debajo de igual número de hilos en trama o urdimbre, respectivamente. Se caracterizan por presentar un típico esquema de líneas diagonales en su superficie.

c) Los Satens o Rasos (*“crowfoot satin”*), los hilos de la trama y de la urdimbre pasan primero por debajo o por encima, del primer hilo que cruzan, luego por encima o por debajo de tres, cuatro, siete o más hilos (hilos flotantes), y así sucesivamente.

Hay que subrayar que los tejidos no son aptos para adaptarse a formas complicadas, sin embargo se pueden acoplar como refuerzo adicional a los mats de superficie. Su precio es más elevado que el de las esteras Mat pero como beneficio, proporcionan la mayor resistencia física de todas las formas fibrosas.

Merecen ser nombrados tres tipos de tejido fibroso:

- 1) Tejido cuadrado: presentan una resistencia mecánica en sentido a los tejidos, determinada por el sentido de la urdimbre y de la trama.
- 2) Tejido unidireccional: presentan una resistencia mecánica en una sola dirección determinada por el sentido de la urdimbre.
- 3) Mechas conformadas de tejido cuadrado.

Preimpregnados o Pre-Preg: son fibras englobadas en una resina no polimerizada, el agente de curado permanece en estado latente y sólo desarrolla su labor cuando se separa el plástico de la

fibra y se aplica calor y/o presión. Vienen presentadas a modo de cintas de diversas longitudes o como de finas hojas que pueden llegar a alcanzar más de dos metros (Figura 9). Recomendamos el empleo de los Pre-preg en la obtención de esculturas geométricas y de superficies lisas y amplias.

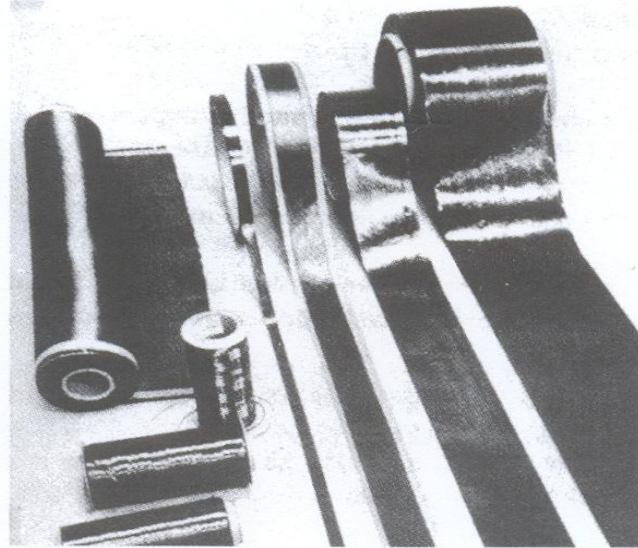


Figura 9. Rollos de Pre-Preg en diversos formatos.

Yarns: son sencillamente hilos de base retorcidos que sirven de base para crear tejidos (Figura 10).

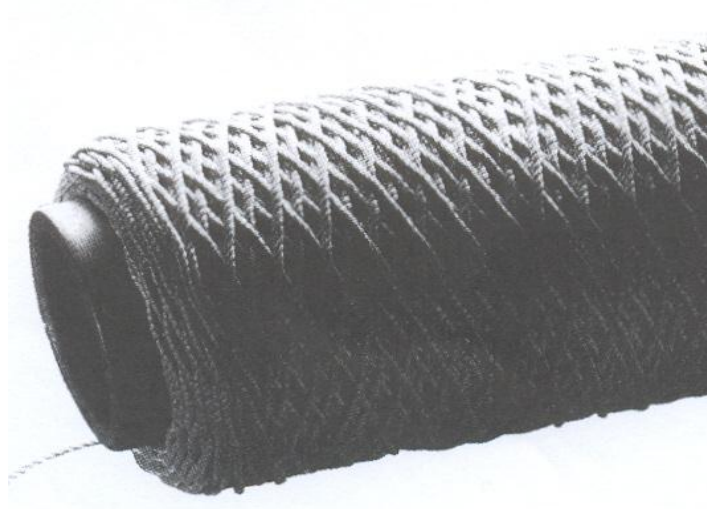


Figura 10. Yarns.

2.6. Clasificación de fibras.

Las fibras de vidrio. Los poliésteres reforzados con fibras de vidrio son denominados con

las siglas en inglés: FRP (*Fiber Reinforced Polyester*) o las siglas en español PRF (poliésteres reforzados con fibras de vidrio). Encuentran su aplicación en infinidad de ámbitos como pueden ser la construcción de barcas, paneles, elementos prefabricados para edificios, depósitos, tubos, etc. Y, efectivamente, son el tipo de fibra que englobado en una matriz poliéster, más se emplea para la ejecución de esculturas sobre todo de gran formato que mostramos como ejemplo en el conjunto de obras de *Sylvie Fleury* tituladas *First Spaceships of Venus* que están realizadas en piezas ligeras de FRP que ensamblan a la perfección; esto, sumado a la ligereza del material con que están realizadas, y a la inherente flexibilidad que otorgan por medio de las fibras, permite, como ya remarcamos anteriormente, su fácil y seguro traslado, y el montaje de una sala de exposiciones a otra (Figura 11).

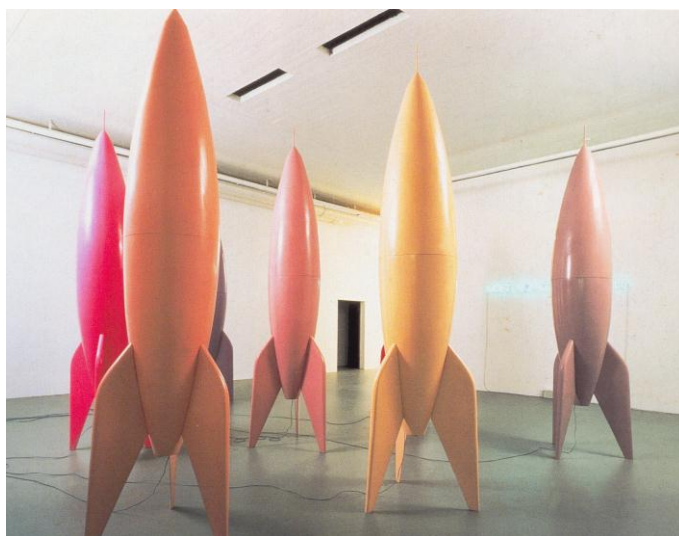


Figura 11. *Sylvie Fleury*. *First Spaceships of Venus* (1996). Fibra de vidrio.

A continuación nos adentramos en este tipo de refuerzos pues el escultor, que necesariamente deba proveerse de ellos, deberá tener unas nociones indispensables para saber las características que posee cada tipo de fibra.

Fabricación. El vidrio, tal y como lo conocemos, es un material frágil y extremadamente quebradizo, pero sus características se ven afectadas positivamente al transformarlo en delgados filamentos. Resumiendo el proceso nos cercioramos de que, en la fase inicial de fabricación, se fusionan en un horno elementos tales como el óxido de calcio, óxido de silicio, óxido de magnesio, óxido de aluminio, óxido de boro y óxido de hierro. Tras la fusión de estos ingredientes a unos 1550 °C, la temperatura de la miscelánea se deja relajar hasta los 1250 °C para que, a posteriori y a través de una hilera, se estire y dé lugar a monofilamentos de vidrio que, apenas han emergido, son embozados con un ensimaje o “*sizing*” que consiste en un líquido de compuestos orgánicos que tiene una triple función: por una parte lubrica los filamentos para protegerlos de la abrasión, por otra garantiza la adhesión entre filamentos, por último hace más activo al nexo con la matriz. En

definitiva, todo esto se efectúa para que la fibra esté en condiciones idóneas para las variaciones futuras. Tras esta intervención, para remover las sustancias agregadas (agua y disolventes) del ensimaje o “sizing”, se enrollan en bobinas que son introducidas en hornos. Es esencial señalar que los hilos destinados al refuerzo con resinas son tratados con un ensimaje plástico especial formado por varios productos cuya función es la de agudizar la compatibilidad vidrio-resina. Los hilos destinados a textilera, reciben un “sizing” textil.

Pero, ¿por qué es utilizada la fibra de vidrio como material de refuerzo? La respuesta la encontramos acudiendo a los autores *D. Calliester* y *J.R. William* en el libro “*Ciencia e ingeniería de materiales*” donde esgrimen argumentos como que es *fácilmente hilable en fibras de alta resistencia, fácilmente disponible y se puede aplicar económicamente para producir plástico reforzado con vidrio utilizando una gran variedad de técnicas de fabricación de materiales compuestos, como fibra es relativamente fuerte y, cuando está embebido en una matriz plástica produce un compuesto con muy alta resistencia específica y por último cuando está unido a varios plásticos se obtiene materiales compuestos químicamente inertes muy útiles en una gran variedad de ambientes corrosivos [5]*”.

En cuanto a la aplicación de estas fibras, en unión a las resinas de poliéster, *Gianluca Minguzzi* destaca lo siguiente:

“Representan los materiales compuestos más utilizados y difundidos en cuanto, utilizando el tipo de fibra y el tipo de matriz menos costoso, resultan ser los más económicos (garantizan elevadas prestaciones globales) y también menos peligrosos en lo que respecta a la emisión de sustancias tóxicas, que son sustancialmente nulas [6]”.

Clasificación de las fibras de vidrio. Las fibras de vidrio, a su vez, son concebidas para satisfacer las demandas de más variada índole, de ahí que estas fibras, puedan diferenciarse en los tipos que a continuación citamos:

Vidrio A. Tiene alto contenido en sílice, es sensible a la humedad pero opone resistencia a los ácidos.

Vidrio B. Contiene borosilicato de calcio de poco volumen en alcális. Alta durabilidad y exquisitas peculiaridades eléctricas son algunas de sus características.

Vidrio C. De precio más costoso que el del vidrio E, pero poseyente de propiedades de resistencia menores y ofrece buena resistencia frente a los agentes químicos.

Vidrio D. Es una fibra de vidrio particularizada por su baja densidad pero poseedora de propiedades dieléctricas normales y absorbentes de ondas electromagnéticas.

Vidrio E. Los elementos más significativos que conforman básicamente este tipo de vidrio son el borosilicato de calcio y aluminio, en cantidades exiguas contienen potasio y sodio. Es el vidrio

utilizado con más frecuencia para producir las fibras que formarán parte de futuros plásticos reforzados, también se utilizan para manufacturar fibras continuas. En cuanto a sus propiedades destacamos su alta densidad, buenas cualidades de rigidez, resistencia y desgaste. Muy utilizado para aplicaciones aeronáuticas, automotrices, náutica, etc. Las fibras realizadas con este tipo de vidrio, se hallan muy difundidas en la creación escultórica, ya que además de tener unas cualidades mínimas que son más que suficientes. Es la fibra más económica de todas.

Vidrio ERC. Propiedades eléctricas conjuntadas con resistencia química.

Vidrio I. Posee óxido de plomo y es empleado como escudo contra la radiación.

Vidrio L. Tiene el plomo como elemento, lo que hace que sea impenetrable por las radiaciones infrarrojas.

Vidrio R. Se encuentran en este vidrio ensalzadas todas las cualidades de resistencia, superando a las de otros tipos.

Vidrio S. Con propiedades semejantes a las del vidrio anterior, son vidrios de precio aún más elevado.

Vidrio X. Su elemento base es el litio, lo que confiere a este vidrio la translucidez a los rayos X.

Vidrio AR. Los nuevos materiales de construcción de *A. Miravete* se nos indica que encontramos las aplicaciones de esta fibra de alto módulo para reforzar las matrices de cemento, poseyendo una excelente resistencia a la tracción, del orden de 3 ó 4 veces la del acero [7].

En el ya consultado manual *Industria del plástico de Richardson y Lokensgard* complementamos lo que conocemos sobre fibras si desciframos el lenguaje de letras y signos: por ejemplo un hilo denominado ECG 150 2/2 2.8 desglosado de la siguiente forma obtenemos los siguientes datos:

E = Vidrio eléctrico.

C = Filamento continuo.

G = Diámetro de filamento de 9 metros.

150 = 1/100 del yardaje neto aproximado total en una libra o 1500 yardas.

2/2 = Se han retorcido hebras simples y dos de las hebras retorcidas se doblan juntas (S o Z se pueden usar para designar el tipo de retorcido).

2,8 = Número de vueltas por cada 2,54 cm en el trenzado del hilo final con el retorcido en S.

Existen hebras básicas en el hilo y dos hebras retorcidas. Por tanto, $1500/2 \times 2 =$ yardas por libra de hilo [8].

Las fibras de carbono. Identificados con las siglas inglesas CFRP (*Carbon Fiber Reinforced*

Plastics), están dotadas de propiedades y características especiales que las hacen bastante más caras que las fibras de vidrio puesto que están fabricadas para ser aplicadas en ámbitos relativos a la automoción, a la aeronáutica, a la aviación aeroespacial, etc. En el panorama escultórico se ha podido verificar que es poco común el empleo de estas fibras, una excepción la representa el inglés *Tony Cragg* que se ha servido de ellas aplicándolas con verdadera eficiencia para generar su propia poética tridimensional, como veraz ejemplo se muestra en esta imagen la obra *I'm Alive*, 2000 (Figura 12).



Figura 12. *Tony Cragg*. *I'm Alive* (2000). Carbono, Kevlar.

Fabricación. Se producen a partir de los elementos como el poliacrilonitrilo (PAN). La elaboración de las fibras de carbono basándose en fibras (PAN) tiene lugar en tres fases: en la primera las fibras (PAN) se estiran y se distribuyen para su establecimiento en paralelo y mantenidas en tensión, se procede a su oxidación por la acción del aire y a temperaturas que rondan entre los 200 – 220°. En la segunda fase el procedimiento de carbonización se lleva a cabo por pirolisis, es decir, descomposición del oxígeno, hidrógeno y nitrógeno por acción calorífica en ambientes inertes y con temperaturas que oscilan desde los 1.000 a los 1.500° C. El resultado es que se fortalece en grado sumo la resistencia a la tracción de este material debido a que durante el tratamiento de carbonización se constituye en el interior de cada fibra unos filamentos o bandas de esqueletos estratificados como el grafito. En la última fase se consigue aumentar el punto de ubicación de los cristales modelo grafito dentro de cada fibra. Estas fibras de grafito llegan a contener hasta un 99% de carbono.

¿Cuáles son los motivos por los que es utilizada la fibra de carbono como refuerzo? Si atendemos a las características de estas fibras en el libro *Fiber Reinforced Plastic* del italiano *Gianluca Minguzzi*, encontramos que posee elevadas propiedades mecánicas (óptima resistencia a la tracción, buena resistencia a la compresión), elevado módulo de elasticidad, baja densidad, baja resistencia al impacto, elevada resistencia a altas temperaturas (a la temperatura del orden de 1500 –

2000 °C presentan hasta un incremento de sus prestaciones, coeficiente de dilatación térmica prácticamente nulo, elevada resistencia a las bases, impermeabilidad al agua, elevada resistencia a la corrosión, buena conductividad eléctrica y térmica, sensibilidad a la abrasión, bajo alargamiento a la rotura, resistencia a la fatiga verdaderamente asombrosa, la más elevada hasta ahora conocida [9].

Clasificación de las fibras de carbono. Al igual que hemos constatado en las fibras de vidrio, las fibras de carbono también tienen su clasificación:

Fibra de carbono Tipo 1. Se aplica la mayor temperatura en su proceso de elaboración, es la más firme de las conocidas.

Fibra de carbono Tipo 2. Se carboniza a temperaturas que la dotarán de la superior resistencia a la tensión o estiramiento.

Fibra de carbono Tipo 3. Su fabricación se lleva a cabo a temperaturas más inferiores, da lugar a una fibra más barata, de provechosa resistencia pero de rigidez más escasa que las dos anteriores.



Figura 13. Tony Cragg. Boy (1996). Kevlar.

Las fibras de Aramida. Cuyo nombre comercial es *Kevlar*, se comercializan en diversos grados de resistencia. Características generales de las fibras de *Aramida*, que conviene aquí reseñar, son su baja densidad, su elevada resistencia a la tracción, a la fatiga y a los agentes químicos. Como características negativas sólo citar su dificultad para ser impregnada con la resina y su sensibilidad a las radiaciones ultravioletas. *Kevlar 29* es una fibra de baja densidad y alta resistencia adecuada para aplicaciones específicas como protección balística, cuerdas y cables, sin embargo algunos artistas como Tony Cragg han llegado a realizar obras con este tipo de fibra como la titulada *Boy*, de formas orgánicas (Figura 13). Del mismo modo *Kevlar 49* también es una fibra de baja densidad y alta resistencia, pero a diferencia de la anterior, esta se emplea para reforzar plásticos destinados a aplicaciones aeroespaciales, marina, automoción y otras aplicaciones industriales. El *Kevlar 149* es una fibra aún más densa que las dos anteriores.

Whiskers. Son fibras inorgánicas cortas creadas a partir de elementos como el aluminio, de

carburo de boro, carburo de silicio, del níquel y de otros materiales. Encuentran su aplicación en el ámbito aeroespacial.

Fibras de boro. Se fabrican por deposición de vapor de una capa de boro sobre un fino hilo de tungsteno. Entre sus características podemos destacar su elevada resistencia a la tracción, a la fatiga, alta densidad y elevada elasticidad. Su dificultad de elaboración, elevado costo o su elevado peso específico limitan el empleo de este tipo de fibras a un restringido campo de aplicaciones, p. ejem: embebidas en una matriz epoxi, se utilizan para conformar las palas de las hélices de los helicópteros.

Fibras de alta sílice y de cuarzo. Están formadas a base de sílice; se aplican a altas temperaturas en industria aeroespacial.

Fibras de poliéster. Es una fibra orgánica caracterizada por su buena resistencia a la tracción, a los golpes y a la abrasión. Su poca resistencia a los ácidos, a fuertes bases, y su sensibilidad a las radiaciones ultravioletas son caracteres negativos. Ejemplo de aplicación: sector textil.



Figura 14. *Angel Nuñez Piombo*. Sin título (2005). Fibra de vidrio, fibra de poliéster, material eléctrico, lentes.

Pensábamos que era imposible captar alguna escultura realizada con este tipo de fibras, las vimos aplicadas en la obra realizada por *Angel Nuñez Piombo* (Figura 14). Consiste en una pieza formada por una carcasa de resina de poliéster y fibra de vidrio que protege un complejo tecnológico en su interior; las fibras de poliéster han sido utilizadas en este caso recubriendo este armazón ofreciendo así una superficie suave al tacto.

Fibras de alcohol polivinílico (PVA). Mediante la polimerización del acetato de vinilo la industria obtiene estas fibras. Sus características fundamentales son su baja densidad, su fácil adhesión con matrices resinosas, la buena resistencia a la tracción, a los agentes químicos, a los alcalís, ácidos y sales. Son utilizadas para el refuerzo del hormigón.

Otras fibras:

Origen mineral: Asbestos.

Origen vegetal: Sisal, Yute, Kenaf, Lino, Fibras de Banana, Henequén, algodón, seda.

Origen sintético: Nylon, acrílicas, fluorocarbónicas, poliamidas y poliamidas aromáticas.

Origen polimérico: Poliamídicas, polivinílicas.

Por último y para cerrar este apartado, *William Smith*, en su estudio realizado titulado *Ciencia y tecnología de materiales*, ofrece un dato de interés sobre la cantidad de rellenos, cargas y refuerzos que pueden admitir este tipo de resinas de poliéster insaturado: pueden contener hasta un 80% en peso de fibra de vidrio [10].

BIBLIOGRAFÍA

- [1] Gianluca Minguzzi "*Fiber reinforced Plastics*". Florencia (Italia): Editorial Alinea, 1998, pag. 45. Traducción del autor.
- [2] Gianluca Minguzzi "*Fiber Reinforced Plastics*". Florencia (Italia). Editorial Alinea, 1998. pag. 18. Traducción del autor.
- [3] Duilio D "*Los plásticos reforzados con fibra de vidrio*", 9ª Edición. Argentina. Editorial Distal-mitre, pag. 25
- [4] Richardson & Lokensgard "*Industria del plástico*". Madrid. Editorial Paraninfo, 2002, pag. 122.
- [5] D. Callister jr. W "*Ciencia e ingeniería de los materiales*". Barcelona. Editorial Reverte, 1996, pag. 550.
- [6] Gianluca Minguzzi "*Fiber Reinforced Plastics*". Florencia (Italia). Editorial Alinea, 1998. pag. 51. Traducción del autor.
- [7] Miravete, A. "*Los nuevos materiales en la construcción*", 2ª Edición. Zaragoza: Editorial Universidad de Zaragoza., 1995. pag. 23.
- [8] Richardson & Lokensgard. "*Industria del plástico*". Madrid: Editorial Paraninfo, 2002, pag. 124.
- [9] Gianluca Minguzzi "*Fiber Reinforced Plastics*". Florencia (Italia). Editorial Alinea, 1998. pag. 39. Traducción del autor.
- [10] Smith W "*Ciencia e ingeniería de materiales*". Madrid. Editorial Paraninfo, 2004. pag. 210.