

بسمه تعالی

کامپوزیت

(مصلح ساختمانی)

بهار ۱۳۸۸

کامپوزیت چیست؟

در کاربردهای مهندسی، اغلب به تلفیق خواص مواد نیاز است. به عنوان مثال در صنایع هوافضا، کاربردهای زیر آبی، حمل و نقل و امثال آنها، امکان استفاده از یک نوع ماده که همه خواص مورد نظر را فراهم نماید، وجود ندارد. به عنوان مثال در صنایع هوافضا به موادی نیاز است که ضمن داشتن استحکام بالا، سبک باشند، مقاومت سایشی و UV خوبی داشته باشند و از آنجا که نمی توان ماده ای یافت که همه خواص مورد نظر را دارا باشد، باید به دنبال چاره ای دیگر بود. کلید این مشکل، استفاده از کامپوزیتهاست. کامپوزیتها موادی چند جزئی هستند که خواص آنها در مجموع از هر کدام از اجزاء بهتر است. ضمن آنکه اجزای مختلف، کارایی یکدیگر را بهبود می بخشند. اگرچه کامپوزیتهای طبیعی، فلزی و سرامیکی نیز در این بحث می گنجند، ولی در اینجا ما تنها به کامپوزیتهای پلیمری می پردازیم.

در کامپوزیتهای پلیمری حداقل دو جزء مشاهده می شود:

۱. فاز تقویت کننده که درون ماتریس پخش شده است.

۲. فاز ماتریس که فاز دیگر را در بر می گیرد و یک پلیمر گرماسخت یا گرمانرم می باشد که گاهی قبل از سخت شدن آنرا رزین می نامند.

خواص کامپوزیتها به عوامل مختلفی از قبیل نوع مواد تشکیل دهنده و ترکیب درصد آنها، شکل و آرایش تقویت کننده و اتصال دو جزء به یکدیگر بستگی دارد. از نظر فنی، کامپوزیتهای لیفی، مهمترین نوع کامپوزیتها می باشند که خود به دو دسته الیاف کوتاه و بلند تقسیم می شوند. الیاف می بایست استحکام کششی بسیار بالایی داشته، خواص لیف آن (در قطر کم) از خواص توده ماده بالاتر باشد. در واقع قسمت اعظم نیرو توسط الیاف تحمل می شود و ماتریس پلیمری در واقع ضمن حفاظت الیاف از صدمات فیزیکی و شیمیایی، کار انتقال نیرو به الیاف را انجام می دهد. ضمناً ماتریس الیاف را به مانند یک

چسب کنار هم نگه می‌دارد و البته گسترش ترک را محدود می‌کند. مدول ماتریس پلیمری باید از الیاف پایبتر باشد و اتصال قوی بین الیاف و ماتریس بوجود بیاورد. خواص کامپوزیت بستگی زیادی به خواص الیاف و پلیمر و نیز جهت و طول الیاف و کیفیت اتصال رزین و الیاف دارد. اگر الیاف از یک حدی که طول بحرانی نامیده می‌شود، کوتاهتر باشند، نمی‌توانند حداکثر نقش تقویت کنندگی خود را ایفا نمایند. الیافی که در صنعت کامپوزیت استفاده می‌شوند به دو دسته تقسیم می‌شوند :

الف) الیاف مصنوعی ب) الیاف طبیعی .

کارایی کامپوزیتهای پلیمری مهندسی توسط خواص اجزاء آنها تعیین میشود. اغلب آنها دارای الیاف با مدول بالا هستند که در ماتریسهای پلیمری قرار داده شده‌اند و فصل مشترک خوبی نیز بین این دو جزء وجود دارد. ماتریس پلیمری دومین جزء عمده کامپوزیتهای پلیمری است. این بخش عملکردهای بسیار مهمی در کامپوزیت دارد. اول اینکه به عنوان یک بایندر یا چسب الیاف تقویت کننده را نگه میدارد. دوم، ماتریس تحت بار اعمالی تغییر شکل میدهد و تنش را به الیاف محکم و سفت منتقل میکند . سوم، رفتار پلاستیک ماتریس پلیمری، انرژی را جذب کرده، موجب کاهش تمرکز تنش میشود که در نتیجه، رفتار چقرمگی در شکست را بهبود میبخشد. تقویت کنندهها معمولا شکننده هستند و رفتار پلاستیک ماتریس میتواند موجب تغییر مسیر ترکهای موازی با الیاف شود و موجب جلوگیری از شکست الیاف واقع در یک صفحه شود. بحث در مورد مصادیق ماتریسهای پلیمری مورد استفاده در کامپوزیتهای به معنای بحث در مورد تمام پلاستیکهای تجاری موجود میباشد. در تئوری تمام گرماسختها و گرمانرمها میتوانند به عنوان ماتریس پلیمری استفاده شوند . در عمل، گروههای مشخصی از پلیمرها به لحاظ فنی و اقتصادی دارای اهمیت هستند. در میان پلیمرهای گرماسخت پلیاستر غیر اشباع، وینیل استر، فنل فرمالدهید(فنولیک) اپوکسی و رزینهای پلی ایمید بیشترین کاربرد را دارند. در مورد گرمانرمها، اگرچه گرمانرمهای متعددی استفاده میشوند، PEEK، پلی پروپیلن و نایلون بیشترین زمینه و اهمیت را دارا هستند. همچنین به دلیل اهمیت زیست محیطی، در این بخش به رزینهای دارای منشا طبیعی و تجدیدپذیر نیز، پرداخته شده است.

از الیاف متداول در کامپوزیتها می توان به شیشه، کربن و آرامید اشاره نمود. در میان رزینها نیز، پلی استر، وینیل استر، اپوکسی و فنولیک از اهمیت بیشتری برخوردار هستند

خواص کامپوزیت های FRP

بر طبق گزارش اداره فدرال بزرگراه های آمریکا هنگام بررسی پلها از نظر سازه ای به دلیل پوشش کم بتن ، طراحی ضعیف ، عدم مهارت کافی هنگام اجرا و سایر عوامل همانند شرایط آب و هوایی سبب ایجاد ترک در بتن و خوردگی آرماتور های فولادی شده است.

پس از سالها مطالعه بر روی خوردگی ، FRP به عنوان یک جایگزین خوب آرماتور های فولادی در بتن پیشنهاد شده اند.

سه نوع میلگرد (GFRP) ، (CFRP) ، (AFRP) از انواع تجاری آن هستند که در صنعت ساختمان کاربرد دارند.

از این مواد به جای آرماتور های فولادی یا کابل های پیش تنیده در سازه های بتنی پیش تنیده و یا غیر پیش تنیده استفاده می شود. مواد FRP موادی غیر فلزی و مقاوم در برابر خوردگی است که در کنار خواص مهم دیگری همانند مقاومت کششی زیاد آنها را برای استفاده بعنوان آرماتور مناسب می کند.

از آنجایی که FRP ها مصالحی ناهمسانگرد هستند نوع و مقدار فیبرورزین مورد استفاده ، سازگاری فیبر و کنترل کیفیت لازم هنگام ساخت آن نقش اصلی را در بهبود خواص مکانیکی آن دارد .

به طور کلی مزایای آن به صورت زیر دسته بندی می شود:

۱-مقاومت کششی بیشتر از فولاد

۲-یک چهارم وزن آرماتور فولادی

۳-عدم تاثیر در میدانهای مغناطیسی و فرکانس های رادیویی ، برای مثال تاثیر روط

دستگاه های بیمارستانی

۴- عدم هدایت الکتریکی و حرارتی

لذا به دلیل مزایای بالا به عنوان یک جایگزین مناسب برای آرماتورهای فولادی در سازه های دریایی ، سازه پارکینگ ها ، عرشه های پل ها، ساخت بزرگراه هایی که بطور زیادی تحت تاثیر عوامل محیطی هستند و در نهایت سازه هایی که در برابر خوردگی و میدانهای مغناطیسی حساسیت زیادی دارند پیشنهاد می کند .

الیاف کربن تکنولوژی جدید کامپوزیت ها

الیاف کربن نسل جدیدی از الیاف پر استحکام است . این مواد از پرولیز کنترل شده گونه هایی از الیاف مناسب تهیه می شود ؛ به صورتی که بعد از پرولیز حداقل ۹۰ درصد کربن باقی بماند . الیاف کربن نخستین بار در سال ۱۸۷۹ میلادی زمانی که توماس ادیسون از این ماده به عنوان رشته پرمقاومت در ایجاد روشنایی الکتریکی استفاده کرد ، پای به عرصه علم و فن آوری گذاشت . با این حال در آغاز دهه ۱۹۶۰ بود که تولید موفق تجاری الیاف کربن ، با اهداف نظامی و به ویژه برای کاربرد در هواپیمای جنگی ، آغاز شد . در دهه های اخیر ، الیاف کربن در موارد غیر نظامی بسیاری ، همچون هواپیماهای مسافربری و باربری ، خودروسازی ، ساخت قطعات صنعتی ، صنایع پزشکی ، صنایع تفریحی - ورزشی و بسیاری موارد دیگر کاربردهای روزافزونی یافته است . الیاف کربن در کامپوزیت های با زمینه سبک مانند انواع رزین ها به کار می رود . کامپوزیت های الیاف کربن در مواردی که استحکام و سختی بالا به همراه وزن کم و ویژگی های استثنایی مقاومت به خوردگی مدنظر باشند ، یگانه گزینه پیش روست . همچنین هنگامی که مقاومت مکانیکی در دمای بالا ، خنثی بودن از لحاظ شیمیایی و ویژگی ضربه پذیری بالا نیز انتظار برود ، بازهم کامپوزیت های کربنی بهترین گزینه هستند . با توجه به این ویژگی ها ، پهنه گسترده موارد کاربرد این ماده در گستره های گوناگون فن آوری به سادگی قابل تصور است .

میزان تولید الیاف کربن از ۱۹۹۲ تا ۱۹۹۷ رشد ۲۰۰ درصدی در این فاصله ۶ ساله داشته که خود نشانگر اهمیت تکنولوژی این ماده است .

هم اکنون ، ایالات متحده آمریکا نزدیک به ۶۰ درصد تولید جهانی الیاف کربن را به مصرف می رساند و این در حالی است که ژاپن تلاش می کند به میزان مصرفی برابر با ۵۰ درصد تولیدات جهانی این محصول دست یابد . ژاپن به واسطه شرکت صنعتی توری ، خود بزرگترین تولید کننده الیاف کربن در جهان است . هم چنین عمده ترین تولید کننده الیاف کربن با استفاده از پیش زمینه قیر ، ژاپن است .

پیشگویی برای سال ۲۰۱۳ میلادی ...

سال ۲۰۱۳ است . خودرویی جدید به نام "BLACKBEAUTY " ۱۰۰ MPG بدلیل این که ضمن دارا بودن بالاترین کارایی ، به میزان ۱۰۰ درصد نیز دوستدار محیط زیست شناخته شده ، طرفداران بسیار زیادی دارد . این خودرو پس از انقراض نسل خودروهای فولادی با سازه ای تمام کامپوزیت برپایه کربن متولد شده است . با استفاده از مواد کربنی در ساخت بدنه و سازه های اصلی این خودرو مانند شاسی ، موتور و سیستم های انتقال نیرو ، کاهش وزن به دست آمده موجب مصرف اندک سوخت شده است . این مواد پیشرفته به همراه اندکی فلزات سبک که عمدتاً در اتصالات به کار می روند ، اقتصاد خودرو را از لحاظ میزان مصرف سالیانه سوخت با انقلابی عظیم مواجه کرده است . این مواد سبک در فریم شاسی ، موتور کاتالیتیک با بازده بالا ، در باتری های لیتیومی و موتورهای الکتریکی ، پانل های بدنه ، مخزن سوخت و مواد پیشرفته نگه دارنده متان که سوخت اصلی خودروست و خلاصه در تمام المان های اصلی که چنین وسیله نقلیه کم مصرف با توانایی های بسیار بالا را می سازد ، به کار رفته است . پانل های بدنه از کامپوزیت های کربنی به روش SMC با سطوح بسیار صاف و آماده رنگ کاری ساخته شده است . فیبریل های کربنی در اندازه های زیر میکرون با ویژگی هدایت الکتریکی ، سطح قطعات پانل های بدنه را به سادگی دارای ویژگی الکترو استاتیک می کنند . از سوی دیگر چون کامپوزیت پلیمری تقویت شده با الیاف کربن از نظر شیمیایی خنثی است به تخریب در برابر پرتو فرا بنفش حساس نیست ، در نتیجه پانل های بدنه به هیچ نوع عملیات پایانی نیاز ندارند . بخش های دیگری که زیاد به آن ها توجه نمی شود ،

مانند درموتور ، هوزینگ ها و گیربکس ها تماماً از کامپوزیت کربنی به روش قالب گیری تزریقی ساخته شده و جایگزین قطعات سنگین ریخته شده فلزی شده اند . مخزن سوخت ، کامپوزیت کربنی ساخته شده به روش پیچش الیاف است که مملو از کربن فعال و فیبریل های کربنی است که موجب افزایش قابلیت نگهداری گاز مایع در فشارهای پایین می شود . موتور کاتالیتیک از کاتالیست های پوشش داده شده بر روی کره ها و لوله های ریز شیاردار کربنی که به کربن توخالی معروف هستند و در واقع نوعی از الیاف کربن سوراخ شده هستند ، استفاده می کند . این واحد مرکزی تولید توان الکتریکی که درواقع قلب سیستم به حساب می آید ، به دلیل استفاده زیاد از فرآورده های الیاف کربن ، قادر است کارایی خود را در دماهای بسیار بالایی که الزاماً در اثر کارکرد موتور پدید می آید ، به خوبی حفظ کند . این دلیل اصلی بالا بودن غیرمعمول بازده چنین خودرویی است . از سوی دیگر مشکلات مربوط به آن دسته از شکست های قطعات که ناشی از اختلاف در ضرایب انبساط حرارتی درنسل خودروهای فلزی بود ، به واسطه استفاده از قطعات کامپوزیتی کربنی ، به طور کامل از بین رفته است . مهندسین مواد ، با دست کاری در میزان جهت یافتگی الیاف کربن ، نوع جدیدی از الیاف را ساخته اند که به طور استثنایی دارای هدایت حرارتی یک بعدی بسیار زیادی بوده و بدین وسیله توانسته اند دستگاههای سرمازا را با بازده بسیار بالا در موتور این خودرو به کار برند .

در سیستم باتری یونی لیتیم / لیتیم از آندهای کربنی و کاتدهای کامپوزیت کربنی استفاده شده است . سیستم جدید تهویه هوا با استفاده از رادیاتورهای پلاستیکی تقویت شده با الیاف کربن ، محفظه های کربنی و فوم های کربنی عایق ، بیشترین شرایط رفاه و آسایش سرنشین را به همراه حذف کامل گازهای ضد ازن ، فراهم آورده است . سیستم GPS تعبیه شده برای ارتباطات ماهواره ای ، تلفن همراه ، دستگاه دورنگار و رایانه های on-board همگی ضمن رعایت طراحی ارگونومیک از قاب های کامپوزیت کربنی که هدایت الکتریکی مناسبی دارند ، بهره می برند .

قرار دادن المان های جهت دار کامپوزیتی بر پایه کربن در جهت اعمال لنگر ، سیستم تعلیق کربنی را در این خودرو به گونه ای ساخته که موجب حذف بسیاری از قطعات سنگین فلزی شده و همین موضوع خود موجب عملکرد بهتر سیستم تعلیق شده است .

روتورهای کربنی ترمز و لنت ترمزهای گرافیتی ، وزن مجموعه سیستم ترمز را در راستای عملکرد بهتر ترمز کاهش داده است . رینگ های تقویت شده با الیاف کربن ضمن کاهش وزن موجب سرد کار کردن مجموعه ترمز و در نتیجه بالاتر رفتن ضریب امنیت ترمز می شود . تایرهای با فرمولاسیون پیشرفته شامل فیبریل های کربن و بلوک های کربنی جهت دار به همراه الیاف کربن بافته شده به صورت شعاعی ، ضمن سبکی موجب حذف مقاومت غلطشی تایر و سرد ماندن آنها در طول حرکت می شود . المان های تعلیق ، رینگ ها و تایرهای ساخته شده از الیاف کربن باعث برقراری مطمئن اتصال با زمین و در نتیجه کمینه شدن احتمال آتش سوزی در اثر بارهای الکترواستاتیک و افزایش امنیت راحتی سرنشین در هنگام سوار و پیاده شدن از خودرو می شود .

با استفاده روز افزون از الیاف کربن در ساخت خودروهای پیشرفته ، مصرف سالیانه بنزین به سرعت رو به کاهش گذاشته و نیاز به واردات سوخت های فسیلی را که باعث عدم تعادل تجاری می شود به حداقل می رساند . در عوض به منظور گسترش واحدهای تولید مواد کربنی جدید با کاربردهای روبه رشد در ساخت خودروهای کربنی ، میلیون ها فرصت شغلی در کشور پدیدار می شود .

الیاف کربن را می توان براساس مدول الاستیک ، استحکام و دمای نهایی عملیات حرارتی به گروههای زیر دسته بندی کرد:

دسته بندی براساس ویژگی ها:

- § الیاف کربن با ضریب کشسانی بسیار بالا ؛ بیشتر از ۴۵۰ گیگا پاسکال
- § الیاف کربن با ضریب کشسانی بالا؛ بین ۳۵۰ تا ۴۵۰ گیگا پاسکال
- § الیاف کربن با ضریب کشسانی متوسط ؛ بین ۲۰۰ تا ۳۵۰ گیگا پاسکال
- § الیاف کربن با استحکام کششی بالا و ضریب کشسانی پایین ؛ استحکام کششی بیش

از ۳ گیگا پاسکال و ضریب کشسانی کم تر از ۱۰۰

§الیاف کربن با استحکام کششی بسیار بالا ؛ بالاتر از ۴/۵ گیگا پاسکال

دسته بندی براساس نوع پیش زمینه :

§الیاف کربن با پیش زمینه الیاف پلی اکریلونیتریل

§الیاف کربن با پیش زمینه قیر صنعتی

§الیاف کربن با پیش زمینه قیر مزوفاز

§الیاف کربن با پیش زمینه قیر ایزوتروپیک

§الیاف کربن با پیش زمینه الیاف ریون (ابریشم مصنوعی)

§الیاف کربن با پیش زمینه فاز گازی و

دسته بندی براساس دمای نهایی عملیات حرارتی :

§الیاف نوع ۱ ، دمای عملیات حرارتی بالاتر از ۲۰۰۰ درجه سانتی گراد ؛ تولید کننده الیاف HM

§الیاف نوع ۲ ، دمای عملیات حرارتی حدود ۱۵۰۰ درجه سانتیگراد ؛ تولید کننده الیاف HS

§الیاف نوع ۳ ، دمای عملیات حرارتی کم تر یا حدود ۱۰۰۰ درجه سانتی گراد ؛ تولید کننده الیاف با ضریب استحکام پایین

ساخت الیاف کربن

درفر هنگ واژگان نساجی آمده است : الیاف کربن به الیافی گفته می شود که دست کم دارای ۹۰ درصد کربن هستند و از پیرولیز کنترل شده الیافی ویژه به دست می آیند . اصطلاح الیاف گرافیتی درمورد الیافی به کار می رود که کربن آنها بیش از ۹۹ درصد باشد . انواع گوناگونی از الیاف به عنوان پیش زمینه تولید الیاف کربن وجود دارد که دارای ویژگی های انحصاری و مورفولوژی ویژه هستند . پرمصرف ترین الیاف پیش زمینه عبارتند از : الیاف پلی اکریلونیتریل (PAN) ، الیاف سلولزی (مانند ریون و یسکوز و پنبه) ، قیر حاصل از قطران ذغال سنگ (Coal tar pitch) و نوع

ویژه ای از الیاف فنلیک .

الیاف کربن از طریق پیرولیز پیش زمینه های آلی که به شکل الیاف هستند ، ساخته می شود . در واقع انجام عملیات حرارتی موجب حذف عناصری مانند اکسیژن ، نیتروژن و هیدروژن و باقی ماندن کربن به شکل الیاف می شود . در پژوهش هایی که بر روی الیاف کربن انجام شده ، مشخص گردیده که ویژگی های مکانیکی الیاف کربن با افزایش درجه تبلور و میزان جهت گیری الیاف پیش زمینه و کاهش نواقص موجود در آنها ، بهبود می یابد . بهترین راه برای دست یابی به الیاف کربن با ویژگی های مناسب ، استفاده از الیاف پیش زمینه با بیشترین مقدار جهت گیری و حفظ آن در طی فرآیندهای پایدار سازی و کربنیزاسیون از طریق اعمال کشش در طول فرآیند است .

تولید الیاف کربن از پیش زمینه پلی اکریلونیتریل

برای تولید الیاف کربن با کیفیت بالا از پیش زمینه PAN و سه مرحله اساسی وجود دارد :

۱- مرحله پایدار سازی اکسیدی : در این مرحله الیاف PAN هم زمان با اعمال کشش مورد عملیات حرارتی اکسیدی در محدوده دمایی ۲۰۰ تا ۳۰۰ درجه سانتی گراد قرار می گیرد . این عملیات ، PAN گرما نرم را به ترکیبی با ساختار نردبانی یا حلقه ای تبدیل می کند .

۲- مرحله کربنیزاسیون : بعد از اکسیداسیون ، الیاف بدون اعمال کشش در پیرامون دمای ۱۰۰۰ درجه سانتی گراد در محیط خنثی (معمولاً نیتروژن) برای مدت چند ساعت ، مورد عملیات حرارتی کربنیزاسیون قرار می گیرند . در طی این فرآیند ، عناصر غیرکربنی آزاد می شود و الیاف کربن با بالانس جرمی ۵۰ درصد به نسبت الیاف PAN نخستین ، به دست می آید .

۳- مرحله گرافیتاسیون : بسته به نوع الیاف کربن مورد نظر ، از لحاظ ضریب کشسانی ، و اعمال این مرحله در محدوده دمایی مابین ۱۵۰۰ تا ۳۰۰۰ درجه سانتیگراد ، موجب

بهبود درجه جهت گیری کریستالیت های کربنی در جهت محور الیاف و بنابراین مایه ی بهبود ویژگی ها می شود .

تولید الیاف کربن از دیگر پیش زمینه ها نیز کمابیش دارای مراحل اصلی است که در مورد تولید از پیش زمینه PAN آورده شد .

ساختار الیاف کربن

مشخصه های ساختاری الیاف کربن بیشتر با دستگاههای میکروسکپ الکترونی و پراش پرتوی ایکس قابل بررسی است . برخلاف گرافیت ، ساختار کربن بدون هرگونه نظم سه بعدی است . در الیاف کربن برپایه PAN ، ساختار الیاف در طی عملیات پایدار سازی اکسیدی و متعاقب آن کربنیزاسیون ، از ساختار زنجیره ای خطی به ساختار صفحه ای تغییر می کند . به این ترتیب صفحات اصلی در پایان مرحله کربنیزاسیون در جهت محور طولی الیاف قرار می گیرند . بررسی های اشعه X با زاویه تفرق باز (Wide angle X-ray) نشان می دهد که با افزایش دمای عملیات کربنیزاسیون ، ارتفاع انباشتگی و مقدار جهت گیری صفحات اصلی ، افزایش می یابد . قطر منوفیلامنت های PAN تأثیر عمده ای بر نفوذ عملیات کربنیزاسیون در الیاف کربن تولیدی دارد ، به همین دلیل تغییر در ساختار کریستالوگرافی پوسته و هسته هر منوفیلامنت در الیافی که کاملاً پایدار شده اند ، به وضوح قابل مشاهده است . پوسته از جهت گیری مرجح طولی بالا به همراه انباشتگی زیاد کریستالیت ها برخوردار است درحالی که هسته ، جهت گیری کم تر صفحات اصلی و حجم کم تر کریستالیت ها را نشان می دهد .

عموماً دیده شده که هرچه استحکام کششی الیاف پیش زمینه بیشتر باشد ، ویژگی های کششی الیاف کربن به دست آمده نیز بیشتر می شود . چنانچه مرحله پایدار سازی به صورتی مناسب انجام گیرد ، در آن صورت استحکام کششی و ضریب کشسانی با کربنیزاسیون تحت کشش ، به مقدار بسیار زیادی در محصول کربنی نهایی بالا می رود . بررسی های انجام شده با دستگاههای پراش پرتوی ایکس و پراش الکترونی نشان داده

است که در الیاف کربن با ضریب کشسانی بالا ، کریستالیت ها پیرامون محور طولی الیاف قرار گرفته اند . این درحالی است که صفحات لایه ای با بیشترین جهت یافتگی به موازات محور الیاف استقرار یافته اند . به طور کلی استحکام الیاف کربن به نوع پیش زمینه ، شرایط فرآیند ، دمای عملیات حرارتی و وجود نواقص ساختاری در الیاف ، ارتباط دارد . در الیاف کربن با پیش زمینه PAN و افزایش دما تا ۱۳۰۰ درجه سانتی گراد مایه ی افزایش استحکام می شود ولی پس از ۱۳۰۰ درجه ، استحکام به آرامی کم می شود . این موضوع در مورد ضریب کشسانی نیز صادق است .

الیاف کربن بسیار ترد هستند . لایه ها در الیاف با اتصالات ضعیف و اندروالسی به هم دیگر متصل شده اند . تجمع فلس مانند لایه ها موجب می شود تا رشد ترک در جهت عمود برمحور الیاف به آسانی صورت بگیرد . در خمش ، الیاف در کرنش های بسیار پایین می شکنند . با تمام این معایب ، الیاف کربن از نقطه نظر مجموع ویژگی های شیمیایی ، فیزیکی و مکانیکی منحصر به فردی که دارد ، در بسیاری از عرصه های مهندسی و علوم در دو دهه اخیر تقریباً بدون رقیب مانده است .

کاربردهای الیاف کربن

الیاف کربن در موارد صنعتی گوناگونی به کار می رود که در این جا نمونه هایی از آن ارایه شده است :

صنعت حمل و نقل

کاربردهای صنعت حمل و نقل بدین گونه اند : مخازن گاز مایع خودروها ، قطعات موتور ، کمک فنر ، شفت های انتقال نیرو ، ملحققات چرخ و جعبه فرمان ، لنت های ترمز ، بدنه ماشین های مسابقه ، بدنه کشتی ها و فنرهای لول .

صنایع ساختمانی و معماری

مواد ساختاری پل ها ، ساز و کار پل های جمع شونده ، تقویت کننده بتن های پرمقاومت ، سازه های باربر ، دیوارهای جداکننده ، سازه های پیش تنیده برای کمک به سازه های بتنی حمل بار ، استفاده در تعمیر ساختمانهای در حال تخریب ، استفاده در

جداره داخلی تونل ها برای جلوگیری از ریزش تونل و استفاده در رمپ ها برای جلوگیری از ریزش خاک را می توان از کاربردهای ساختمانی این الیاف دانست .

صنایع هواپیما سازی و هوافضا

سازه های داخلی کابین مسافری اعم از پانل های جداره صندلی ها و میزها ، پوشش ها ، اجزای سازه ای ماهواره ها ، لبه بال هواپیماهای جنگنده ، نوک هواپیماهای مافوق صوت ، نازل موشک های دوربرد و قطعات حساس موتور هواپیماها نیز می توانند دارای الیاف کربن باشند .

صنایع پزشکی

الیاف کربن در ساخت استخوان مصنوعی ، اجزای تجهیزات پرتوی ایکس ، صندلی های چرخدار ، انواع اجزای مصنوعی بدن برای معلولین و دریچه قلب به کار می روند .

بخش انرژی

از جمله کاربردهای الیاف کربن در بخش انرژی ، می توان بدین موارد اشاره کرد :
باتریهای سوختی ، پره های توربین و پره های آسیاب های بادی برای تولید برق از انرژی باد .

صنایع الکترونیک ، تجهیزات الکتریکی و ماشین سازی

این کاربردها عبارتند از : قاب رایانه های همراه ، اجزای رایانه ها ، بازوی ربات های صنعتی ، چرخ دنده ها ، غلتک ها ، چرخدنده های پرسرعت ، قطعات خود روغنکاری شونده ، آنتن ها ، مواد عایق الکتریکی ، مخازن تحت فشار ، غلتک چاپ گر ها و قاب تلفن های همراه .

