درباره کامپوزیت

تهیه و گردآوری: مهندس بهروز حسین پور بناب - ۱۳۸۸

❐ مقدمه

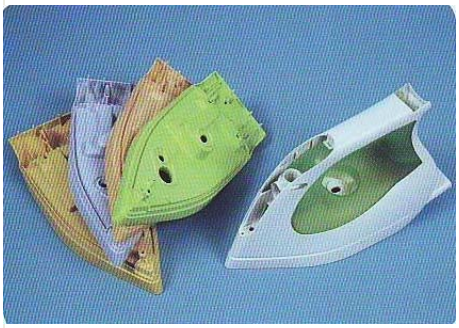
امروزه استفاده از مواد مرکب (کامپوزیت) در صنایع مختلف گسترش روزافزونی داشته است بطوریکه در کمتر محیط و جایی میتوان سراغ داشت که رد پایی از کامپوزیت در آن دیده نشود. استفاده از این مواد در لوازم خانگی , ورزشی, نظامی, پزشکی, انرژی, حمل و نقل, ساختمان و ... تقریبا یک امر روزمره شده و هر روز بر کابردهای آن اضافه میشود.

خواص ویژه کامپوزیت ها مهندسان و طراحان را هر روز بیشتر به استفاده از این مواد بعنوان یک پیش فرض در طراحی ترغیب میکند. چیدمان دلخواه در جهت های مورد نیاز برای استحکام سازه ای, مقاومت در برابر خوردگی های مرسوم برای فلزات, شکل دهی سریع و آسانتر نسبت به فلزات و ... از خواص ویژه کامپوزیت ها هستند. در حقیقت کامپوزیت ها رده ای از مواد پیشرفته هستند که از ترکیب مواد مختلف جهت رسیدن به خواص برتر ساخته شده اند.

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 ماده‌ای یافت که همه خواص مورد نظر را دارا باشد، باید به دنبال چاره‌ای دیگر بود. برخی از زمینه های کاربرد کامپوزیت در صنایع مختلف بشرح ذیل می باشد:

- کاربرد کامپوزیت در صنایع اتومبیل سازی
  - کاربرد در بدنه اتومبیل, شاسی اتومبیل, بخشهای تزئیناتی اتومبیل, ساخت مخازن گاز خودروهای گازسوز
- کاربرد کامپوزیت در صنایع کشتی سازی
  - کاربرد در بدنه کشتی, دکلهای کشتی های بادبانی, پوشش در مقابل حفاظت آب, بادبانهای کشتی های مسابقه ...
- کاربرد کامپوزیت در صنایع هوایی
  - کاربرد در بدنه هواپیماها, ملخهای بالگردها, صنعت موتور هواپیما, تزئینات داخلی هواپیما, صندلی های هواپیماهای مسافربری, هواپیماهای بی سرنشین, موشکهای کروز و ...
- کاربرد کامپوزیت در صنایع فضایی
  - کاربرد در لباس فضانوردان, سازه ماهواره, بدنه شاتل فضایی, ایستگاههای فضایی ...

- کاربرد کامپوزیت در صنایع ساختمانی و شهری
  - کاربردهای تزئیناتی و دکوراسیون, پلها, تقویت و تعمیرات ساختمانهای قدیمی, پنجره‌های دوجداره
- کاربرد کامپوزیت در صنایع نفت و گاز و پتروشیمی
  - لوله های انتقال نفت و گاز, کپسولهای انتقال مواد شیمیایی, مخازن ذخیره مواد شیمیایی
- کاربرد کامپوزیت در صنایع ورزشی
  - راکت های تنیس, چوبهای گلف, دوچرخه‌های مسابقه, قایقهای تندرو, اسکی روی آب, تیرکمانهای مسابقات و ...
- کاربرد کامپوزیت در صنایع الکترونیک
  - بردهای الکترونیکی سبک, آنتهای کامپوزیتی
- کاربرد کامپوزیت در نانو فناوری
- کاربرد در لوازم تزئینی و خانگی
- کاربرد در تجهیزات و صنایع نظامی
- کاربرد کامپوزیت در صنایع پزشکی و ...



یک محصول کامپوزیتی در مقایسه با یک محصول فلزی آلودگی کمتری ایجاد میکند و نیز استفاده از این محصول در جای دیگری مثل خودرو و یا ساختمان باعث مصرف سوخت کمتری میشود. در نتیجه کامپوزیتها آسیب کمتری به محیط وارد می کنند. به طور خلاصه میتوان مزایای کامپوزیت ها را در موارد زیر خلاصه نمود:

- سهولت و سرعت در طراحی و تولید: که باعث سرمایه گذاری کمتر میشود
- عایق رطوبت
- عایق صدا
- عایق الکتریسیته
- استحکام
- سبکی وزن : کاهش مصرف سوخت, کاهش آلودگی هوا، کاهش هزینه ها.
- مقاوم به خوردگی در صنایع آب و فاضلاب، نفت و گاز, پتروشیمی: کاهش هزینه های خوردگی و تعمیر نگهداری.

کامپوزیتها موادی چند جزئی هستند که خواص آنها در مجموع از هرکدام از اجزاء بهتر است. کارایی کامپوزیتهای پلیمری مهندسی توسط خواص اجزاء آنها تعیین میشود. ضمن آنکه اجزای مختلف، کارایی یکدیگر را بهبود می‌بخشند. خواص

کامپوزیتها به عوامل مختلفی از قبیل نوع مواد تشکیل دهنده و درصد ترکیب آنها، شکل و آرایش تقویت کننده و اتصال دو جزء به یکدیگر بستگی دارد. کامپوزیتها به چهار گروه پلیمری, فلزی, سرامیکی و طبیعی تقسیم میشوند.

مواد کامپوزیتی پایه پلیمری از ترکیب پلیمرها بعنوان پایه و تقویت کننده هایی مانند الیاف شیشه، کربن، آرامید و غیره تشکیل شده اند در کامپوزیتهای پلیمری که پر کاربردترین مواد کامپوزیتی هستند حداقل دو جزء مشاهده می‌شود:

۱. فاز تقویت کننده که با ترتیب و جهت دهی خاصی درون ماتریس قرار میگیرد.
۲. فاز ماتریس که فاز تقویت کننده را در برگرفته و یک پلیمری است که گاهی قبل از سخت شدن آنرا رزین می‌نامند.

از نظر فنی، کامپوزیتهای لیفی(دارای تقویت کننده)، مهمترین نوع کامپوزیتها می باشند که خود به دو دستهٔ الیاف کوتاه و بلند تقسیم می‌شوند. الیاف تقویتی معمولا شکننده هستند. این الیاف می‌بایست استحکام کششی بسیار بالایی داشته باشند. در واقع قسمت اعظم نیرو توسط الیاف تحمل می‌شود و ماتریس پلیمری در واقع ضمن حفاظت الیاف از صدمات فیزیکی و شیمیایی، کار انتقال نیرو به الیاف را انجام می‌دهد. خواص کامپوزیت بستگی زیادی به خواص الیاف, جهت و طول الیاف, پلیمر(رزین) و نیز 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. از الیاف متداول در کامپوزیتها می‌توان به شیشه، کربن و آرامید اشاره نمود

ماتریس پلیمری(رزین) 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 کنار هم 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 یا محدودیت در گسترش ترک را بهبود میبخشد. در میان رزینها نیز، پلی استر، وینیل استر، اپوکسی و فنولیک از اهمیت بیشتری برخوردار هستند.

الیافی که در صنعت کامپوزیت کاربرد دارند به دو دسته تقسیم می‌شوند:

الف)الیاف مصنوعی ب)الیاف طبیعی

❐ رزین

رزین ها از هر نوعی که باشند برای این که در ساخت قطعات کامپوزیتی استفاده شوند بایستی دارای ویژگیهای زیر باشند:

۱. ویژگیهای مکانیکی خوب
۲. چقرمگی مناسب
۳. ویژگیهای چسبندگی خوب
۴. مقاومت خوب در برابر عوامل تخریب کننده محیطی همانند مواد شیمیایی خورنده

یک رزین ایده ال دارای استحکام نهایی بالا و سفتی زیادی است و همچنین در برابر شکست مقاومت بالایی از خود نشان می دهد. این بدان معنی است که یک رزین اگرچه سفتی مطلوبی دارد ولی دچار شکست ترد نیز نمی شود. همچنین باید توجه کرد که اگر قرار است کامپوزیتی تحت بارگذاری کششی قرار گیرد برای رسیدن به تمام ویژگی های مکانیکی موردانتظار از ترکیب الیاف و رزین، باید رزینی انتخاب شود که حدأقل به اندازه الیاف انعطاف پذیر باشد و از خود تغییر شکل نشان دهد.

مقاومت مواد در برابر گسترش ترک را چقرمگی می نامند، چیزی که اندازه گیری دقیق آن در سازه های کامپوزیتی مشکل به نظر می رسد. اما منحنی تنش- کرنش رزین ها نشانه های خوبی از میزان چقرمگی آنها فراهم می آورد. عموماً هرچه تغییر شکل رزین قبل از شکست بیشتر باشد، ماده چقرمتر بوده و در برابر ترک بیشتر مقاومت می کند.

وجود چسبندگی زیاد بین رزین و الیاف تقویت کننده، ویزگی لازم و ضروری رزین هاست. چون فقط در این صورت میتوان اطمینان داشت که تنش های وارده به طور موثر به الیاف تقویت کننده منتقل شده و از ایجاد ترک و جدایش بین رزین و الیاف در اثر این تنش ها جلوگیری میشود.

مقاومت در برابر اثر تخریبی آب و دیگر مواد خورنده و آسیب رسان و پایداری در برابر تنش های ثابت تکرارشونده، ازجمله ویژگیهای ضروری هستند که هر رزین باید داشته باشد. وجود این دسته از ویژگی ها، به ویژه در سازه های دریایی بسیار اهمیت دارد.

❐ الیاف شیشه

الیاف شیشه مشهورترین تقویت کننده مورد استفاده در صنعت کامپوزیت می‌باشد که انواع مختلفی از آن بصورت تجاری وجود دارند مانند:E، S، R، C، ECR، AR

ترکیبات شیمیایی این الیاف با هم متفاوت است و هر کدام برای کاربرد خاصی مناسب است. تقریباً ۹۰ درصد الیاف مورد استفاده در کامپوزیتهای مهندسی الیاف شیشه می‌باشد. الیاف شیشه استحکام و سختی مناسبی دارد، خواص مکانیکی خود را در دماهای بالا حفظ می‌کند، مقاومت رطوبت و خوردگی مناسبی دارد و نسبتاً ارزان است . تقسیم بندی شش نوع الیاف شیشه و ترکیب درصدهای آن در زیر نشان داده شده است:

- E-glass: مصارف عمومی
- R-glass: خواص مکانیکی بالاتر
- S-glass: خواص مکانیکی بالاتر

- C-glass: مقاومت شیمیایی مناسب
- ECR-glass: مقاومت اسید و باز خوب
- AR-glass: مقاومت اسید و باز خوب

فرآیند تولید الیاف شیشه را می‌توان بصورت زیر خلاصه نمود :

۱. آماده سازی مواد خام: بیش از نیمی از مواد اولیه مورد استفاده ماسه سیلیس است و قسمت اصلی هر نوع الیاف شیشه را تشکیل می‌دهد.
۲. بخش اختلاط (House Batch): در اینجا مواد با هم مخلوط شده برای قسمت کوره آماده می‌شوند.
۳. کوره: دمای کوره به اندازه کافی زیاد است تا ماسه و سایر اجزاء را ذوب کند و بصورت شیشه مذاب در آورد.
۴. بخش Bushing: شیشه مذاب روی سینی‌های پلاتینی مقاوم حرارتی متعدد، جریان پیدا می‌کند. در این سینی‌ها هزاران روزنه وجود دارد که بوشینگ نامیده می‌شوند.
۵. تشکیل الیاف: جریان شیشه مذاب از درون بوشینگ‌ها بیرون کشیده می‌شود و تا قطر معین نازک می‌شوند، سپس توسط آب یا هوا خنک می‌شوند تا الیاف تشکیل شوند.
۶. آهار زنی: الیاف مو مانند، با یک مخلوط شیمیایی مایع کهSizing نامیده می‌شود، پوشش داده می‌شوند. آهار زنی به دو علت اصلی انجام می‌شود:
    - برای محفوظ ماندن الیاف از سایش به یکدیگر در طی فرآیند ساخت و کار
    - به منظور حصول اطمینان از چسبندگی الیاف به رزین

برای کامپوزیتهای الیاف پیوسته، انتخاب نوع الیاف، بستگی به فرآیند شکل دهی و میزان آرایش یافتگی الیاف دارد. می‌توان رشته‌ها را خرد کرد (chopped) و برای تولید نمد شیشه (strand mat chopped) استفاده کرد. در این حالت از یک نگهدارنده (binder) برای ثابت نگاه شدن الیاف در کنار هم استفاده می کنند. انتخاب بایندر با توجه به کاربرد مواد انجام می گیرد و دوام یک قطعه کامپوزیتی می‌تواند متأثر از نوع بایندر باشد. همچنین می‌توان از الیاف شیشه با طولهای متفاوت برای کاربرد مستقیم در روش ساخت آمیزه سازی (BMC=Bulk Molding Component) استفاده کرد.

❐ الیاف کربن

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 درسال 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 درآغاز دهه ۱۹۶۰ بود که تولید موفق تجاری الیاف کربن ، با اهداف نظامی و به ویژه برای کابرد در هواپیمای جنگی ، آغاز شد. دردهه 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 , مقاومت به خوردگی , مقاومت مکانیکی در دمای بالا , و همچنین هنگامی که خنثی بودن از لحاظ شیمیایی مدنظر باشند ، یگانه گزینه پیش روست. با توجه به این ویژگی ها ، پهنهٔ گسترده موارد کاربرد این ماده در گستره های گوناگون فن آوری به سادگی قابل تصور است . با استفاده روز افزون از الیاف کربن در ساخت خودروهای پیشرفته ، مصرف سالیانه بنزین به سرعت رو به کاهش گذاشته است. به ده مورد از کاربردهای الیاف کربن در صنایع مختلف اشاره میشود:

۱. پلاستیک‌های رسانا و کاهش الکتریسیته ساکن : با توزیع الیاف کربن کوتاه در دیگر مواد می‌توان الکتریسته ساکن تولید شده در رایانه‌های لپ‌تاپ، چاپ‌گرها و دیگر وسایل مشابه را پخش کرد
۲. کاربردهای صنعتی: در صنعت کاغذ، غلتک‌های سریعی که سبکی وزن، چقرمگی و عمر بالا را با هم داشته باشند، کلید بهبود تولید و افزایش کیفیت هستند.
۳. صنعت ساختمان و کاهش وزن سازه‌ها: اهمیت الیاف کربن برای تقویت و کاهش وزن سازه های بتنی مشخص شده است.
۴. لوازم ورزشی با بهای باورنکردنی: الیاف کربن به طرز قابل توجهی، کارایی بسیاری از لوازم ورزشی را بهبود داده‌اند. بطوریکه قیمت‌ها به طرز چشمگیری کاهش یافته‌اند.
۵. صنعت خودرو، کاهش وزن و افزایش استحکام: با توجه به این که الیاف کربن در واحد حجم قوی‌تر و سفت‌تر از الیاف شیشه هستند، یک خودروی تمام‌کامپوزیتی بیش از ۶۰ درصد کاهش وزن خواهد داشت.
۶. وسایل نقلیه دیگر (هواپیماها، قطارها، اتوبوس‌ها): تیرهای باربر این واگن از الیاف کربن ساخته خواهد شد. کاربرد الیاف کربن در اتوبوس‌ها، کامیون‌ها و دیگر وسایل نقلیه رو به افزایش است.
۷. الیاف کربن در توربین‌های بادی: امروزه پره‌های توربینی به طول ۵۵ متر طراحی شده است. این امر مستلزم استفاده از الیاف کربن به جای الیاف شیشه است تا استحکام و سفتی مورد نیاز را تامین کند.
۸. الیاف کربن در تقویت سازه‌ها: صدها هزار پل، پارکینگ، ساختمان بلند و دیگر سازه‌های بتنی و چوبی در دنیا، به تقویت و ترمیم نیاز دارند. تقویت‌کننده‌های کامپوزیتی معمولاً از صفحات فولادی ارزان‌تر نیستند ولی کارایی بهتری دارند

۹. الیاف کربن و مقاومت در برابر سایش: در دماهای بالا فولاد و دیگر مواد ذوب می‌شوند ولی الیاف کربن قوی‌تر می شوند. الیاف کربن به عنوان ماده اصلی تقریباً ۵۰ درصد از ترمزهای کامپوزیتی کربن/کربن در هواپیماهای تجاری به کار می‌رود.
۱۰. صنایع دریایی و قایق‌های تقویت شده با الیاف کربن: این کابردها عبارتند از ساخت دکل‌ها، بادبان‌ها، عرشه و بدنه قایق‌های بادبانی، پارویی و موتوری تندرو

❐ الیاف طبیعی

الیاف طبیعی از قدیم در صنایع مختلف استفاده می‌شده‌اند و پتانسیل کاربرد در صنایع رو به رشد کامپوزیتهای مهندسی را دارا می‌باشند. اگر چه جایگزینی مستقیم الیاف شیشه با الیاف طبیعی به راحتی امکان پذیر نیست، اما خواصی که این الیاف در مقایسه با شیشه از خود نشان می‌دهند در بسیاری جهات موجب برتری آنها می‌شود:

- دارای منابع تجدید شونده
- امکان استحصال نامحدود
- فواید محیطی ناشی از ایجاد تعادل در تولید و مصرف گازCO_2
- سبکی
- بازیافت بهتر
- کاهش فرسایش ابزار
- بهبود بازگشت انرژی(recovery Energy Enhanced)
- کاهش ناراحتی‌های پوستی و تنفسی
- زیست تخریب بودن

الیافی که از منابع طبیعی مانند معادن، حیوانات و گیاهان بدست می‌آیند، در گروه الیاف طبیعی قرار می‌گیرند. مصریان باستان از کامپوزیتهای الیاف طبیعی آجر، ظروف سفالی و قایقهای کوچک می‌ساختند. یک قرن پیش تولید تقریباً تمام وسایل و بسیاری از محصولات فنی از الیاف طبیعی ساخته می‌شد. پارچه، طناب، کرباس و کاغذ از الیاف طبیعی مانند کتان، شاهدانه، سیسال و کنف ساخته می‌شد. می‌توان الیاف طبیعی را به سه دسته **معدنی**، **حیوانی** و **گیاهی** تقسیم نمود.

الیاف معدنی: الیاف این گروه از سنگهای معدنی بدست می‌آیند. به عنوان نمونه می‌توان به آزبست اشاره نمود. آزبست می‌تواند استحکام و سفتی کامپوزیت را بهبود ببخشد ولی استحکام ضربه را کاهش می‌دهد.

الیاف حیوانی: الیاف بدست‌آمده از ارگانیسم‌های زنده، الیاف حیوانی نامیده می‌شوند. به عنوان مثال، پشم از گوسفند اهلی بدست آید. الیاف ابریشم را کرم ابریشم می‌سازد. ابریشم بر خلاف تمام الیاف طبیعی دیگر از قبیل پنبه، کتان و پشم، یک ساختار سلولی ندارد و روش ساخت آن، شبیه الیاف مصنوعی می‌باشد. از الیاف حیوانی در ساخت کامپوزیتها استفاده نمی‌شود.

الیاف گیاهی: در بین الیاف طبیعی، الیاف گیاهی بیشترین کاربرد را در کامپوزیتها دارند. بر اساس اینکه از کدام قسمت گیاه گرفته شده‌اند، به سه دسته الیاف **میوه** (پنبه - نارگیل)، الیاف **پوست یا ساقه**(کتان،کنف، بوته شاهدانه)، الیاف **برگ**(آناناس)، تقسیم می‌شوند.

❐ کاربردها

همانطور در ابتدای متن اشاره شد با توجه به خواص مشخصه مواد مرکب (کامپوزیت) نسبت به فلزات, کاربردهای آنها همه روزه در حال افزایش بوده بطوریکه طراحان و مهندسان این مواد جدید را به عنوان یکی از پیش فرضهای طراحی و تعمیرات در نظر میگیرند. بمنظور توضیح بیشتر موارد فوق در ادامه به چند مورد از کاربردهای عمومی مواد کامپوزیت در زمینه های مختلف اشاره میشود.

❐ استفاده از کامپوزیت ها در توربین های بادی

فکر استفاده از انرژی باد، به قرن ها پیش بعنوان آسیاب های بادی باز می گردد. اما آنچه که به این انرژی پاک و تمیز اهمیت داده و باعث رویکرد دوباره به آنها شده، مسائل زیست محیطی است. البته انرژی باد منبع دائمی نیست, یعنی باد همواره نمی وزد. نکتهٔ دیگر اینکه در هر جای زمین، چگونگی وزش آن و نیز سرعت و جهت آن همواره تغییر می کند. بنابراین استفاده از وسایلی بسیار کارآمد، برای دستیابی به بیشترین میزان انرژی در هنگام وزش باد و فائق آمدن بر چنین مسائلی ضروری به نظر می رسد.

توربین های بادی، یک کارخانه کامل تولید الکتریسیته هستند که از اجزای بسیاری تشکیل شده اند. پره روتور دارای شکل ویژهٔ آیرودینامیکی است که با توجه به اصول پیشرفتهٔ علم آیرودینامیک ساخته میشوند. این پره ها همواره در معرض بارهای مداوم, تغییر پذیر و تناوبی قرار دارند که باعث تخریب از نوع خستگی میشود. استفاده از فناوری پیشرفتهٔ ساخت کامپوزیت ها در این عرصه گام مهمی در جهت چیره شدن بر مشکل خستگی در سازه پره بوده است، زیرا این مواد عمر خستگی طولانی تری نسبت به فلزات دارند. یکی دیگر از مزایای منحصر به فرد استفاده از این فناوری در طراحی و ساخت پره ها، کاهش وزن سازه به میزان بسیار قابل توجهی است که خود باعث کاهش بارهای گریز از مرکز و بارهای خستگی میشود.

❐ لوله های کامپوزیتی

لوله های FRP با استفاده از تقویت کننده های الیاف شیشه، رزین های گرما سخت، و انواع دیگر افزودنی ها ساخته می شوند. الیاف تقویت کننده معمولاً از جنس الیاف شیشه نوع E است . انواع دیگری از الیاف مانند AR ، C ، FCR در این رده وجود دارند که نیازهای گوناگون مقاومت به خوردگی را برطرف می کنند. الیاف تقویت کننده بسته به فرآیند ساخت لوله و تحمل بار مورد نیاز ، تغییر می کنند. درصد وزنی الیاف به طراحی محصول نهایی وابسته خواهد بود. جهت الیاف، شیوه چیدمان لایه ها روی هم و تعداد لایه های تقویت کننده، ویژگی های مکانیکی، سفتی و استحکام واقعی لوله را تعیین می کند. رزین مورد استفاده در برابر خوردگی ناشی از عبور گازها و سیالات از درون لوله مقاومت می کند. وینیل استرها مقاومت به خوردگی

بیشتری معمولاً در برابر مایعات خورنده قوی مانند اسیدها و سفیدکننده ها دارند . رزین اپوکسی معمولاً برای لوله هایی با قطر کم تراز ۷۵۰ میلی متر و فشارهایی در حدود ۲۰/۸ مگا پاسکال تا ۳۴/۶ مگا پاسکال استفاده می شوند .

❐ قایق های تفریحی و الیاف پیشرفته

الیاف پیشرفته در سازه های دریایی معینی کاربرد دارند. قایق های بادبانی پیشرفته عموماً از دکل های الیاف کربن استفاده می کنند. این دکل ها سبک بوده و سفتی بسیار خوبی دارند. در هر دو نوع قایق مسابقه یعنی موتوری و بادبانی، الیاف پیشرفته ای همانند الیاف کربن و آرامید به کار می روند. در تمام این موارد، کارایی مورد انتظار از این الیاف، هزینه استفاده از آنها را توجیه می کند. یکی از حوزه هایی که میتواند به صنعت قایق سازی کمک کند، افزایش سفتی اسکلت بندی قایق است. به کارگیری الیاف کربن روی سفت کننده ها یکی از اقتصادی ترین کاربردهای الیاف کربن است. با کاهش قیمت ها، به کارگیری الیاف کربن و هیبریدهای کربن/ شیشه مقرون به صرفه می شود. هدف بعدی به کارگیری پارچه های کربنی در لایه های بدنه قایق ها و کشتی هاست.

❐ تقویت و تعمیر لوله های گاز با کامپوزیت

در بیشتر کشورها برای انتقال مطمئن، مداوم و ارزان گاز طبیعی از لوله های فولادی استفاده میشود. شرایط مختلف محیطی اثرات متفاوتی روی جداره فلزی این لوله ها می گذارند و با وجود اعمال پوشش و حفاظت کاتدیک، باز هم این صدمات به مرور زمان باعث کاهش ضخامت جداره لوله و کمتر شدن آن از مقدار مطمئن و استاندارد میشوند.

در این حالت و درصورت امکان باید خط لوله را از سرویس خارج کرده و قسمت خورده شده را با لوله ای که استحکام آن برابر یا بیشتر از استحکام طراحی خط لوله باشد، تعویض کرد. درصورتی که خط لوله را نتوان از سرویس خارج کرد، با جوش دادن یک غلاف کامل فولادی و یا وصله ای مطابق استاندارد روی قسمت تخریب شده لوله را تعمیر می کنند. روش دیگر پر کردن قسمت خورده شده با فلز جوشی است.

تمام این روشها وقت گیر، پرهزینه و مستلزم به کارگیری تجهیزات ویژه، کارگر ماهر جوشکاری و به دلیل جوشکاری خطرناک است. این مسائل، تعمیرات خط لوله را کاری سخت و پرهزینه کرده است. درصورت وجود نشتی گاز خطر انفجار را در پی داشته و یا با ایجاد یک منطقه داغ موضعی، خطر شکستگی و ترک ترد لوله را افزایش می دهد.

اگر لوله ای دارای خوردگی عمومی وسیع باشد که ضخامت دیواره آن را از ضخامت قانونی کمتر کرده باشد، لولـه پوسـیده باید کاملاً تعویض شود یا فشار کاری آن کم شود. ممکن است لوله ای در گذشته در منطقه ای با تراکم جمعیت کم نصب شـده باشد و از ضرایب طراحی پایین تری تبعیت کند، اما با گسترش شهرها و قرار گرفتن در منطقه ای با تراکم جمعیت بالاتر امروزه نیازمند ضریب طراحی بالاتر باشد. جایگزینی شامل کارگذاری خط لوله موقت، قطع گاز در خط لوله اصلی، تعویض و جـایگزینی لوله مناسب و سپس برقراری حالت عادی در خطوط انتقال است. این روش بسیار پرهزینه و مشکل است.

در روشی از مواد کامپوزیتی برای تعمیر دائمی خطوط لولهٔ در حال کار که به دلیل خوردگی، کنده شدن یـا ایجـاد حفـره، ضخامت دیواره شان کم شده است استفاده میشود. البته از هرنوع کامپوزیتی نمیتوان در تعمیر استفاده کـرد و بایـد در انتخـاب ماده دقت فراوان کرد. استفاده از این مواد برتری هایی نسبت به آنچه ذکر شد دارد:

- پیوستگی و چسبندگی خوب ناشی از چسب دوجزئی نیاز به جوشکاری و برشکاری و... را حذف می کند.
- تعمیر میتواند در حین جریان گاز با فشار کامل در لوله، بر روی سطح آن انجام شود و هزینه های ناشی از قطع گاز بـه طور کامل حذف میشود.
- باتوجه به زمان کم تعمیر و کاهش هزینه های کارگری و ماشین آلات، هزینه تعمیر کاهش می یابد.
- نیازی به ابزار بلند کردن لوله و یا ابزار ویژه ای برای نصب ندارد.
- چون کار گرم انجام نمی شود خطر سوختن در حین کار از بین می رود و هیچ گونه خطری در رابطه با ایجاد ترک و یا ترد شدن لوله وجود ندارد.
- استحکام ایجاد شده در لوله هایی که به این روش تعمیر شده اند بیشتر از لوله های تعمیر شده به روش سنتی است.
- این روش بر روی لوله های مستقیم، زانویی و تقاطع هم قابل اجراست.
- لایه های کامپوزیت را حتی میتوان برروی لوله های ترک خورده و به منظور جلوگیری از گسترش ترک استفاده کرد.

❐ بازسازی بناها با مواد کامپوزیت

توانایی کامپوزیتها در بازسازی شکل ها و قطعات پیچیده در هر اندازه ای، طراحان را قادر می سازد به راحتی شکل و ظاهر بناهای قدیمی را بازآفرینی کنند. بازسازی ساختمانها با بکارگیری محصولات پلاستیکی تقویت شده با الیاف شیشـه روز بـه روز محبوبیت بیشتری پیدا کرده و توجه مالکان، سازندگان، معماران، مهندسان و توسعه دهندگان را به خود جلب می کند.

کامپوزیت الیاف شیشه (FRP) میتواند با ظاهر مواد گوناگون از جمله چوب، سنگ، سفال، بتن، فولاد، مرمر، گرانیت، مـس و سایر مصالح ساختمانی محبوب ساخته شود. سطح این ماده میتواند از نرم مات تا صیقلی کاملاً براق یا از الیـاف ریـز تـا بافـت سنگی خشن متفاوت باشد. این قطعات نسبت به سایر مواد انتخاب میشوند چون سبک، اقتصـادی، مقـاوم در برابـر خـوردگی و

حقیقتاً بی نیاز از تعمیرند. آنها را میتوان رنگ کرد یا این که هنگام قالبگیری، رنگ را در سطح انها اعمال کرد. چون در ساخت FRP از رزین های پلیمری مایع و الیاف شیشه شکل پذیر استفاده میشود شکل نهایی آن میتواند دارای انواع انحنا، چین، شیار یا نقش برجسته باشد. وزن مشخصی از FRP ، از همان مقدار بتن، آلومینیوم یا فولاد قوی تر است. محصولات FRP معمولاً هزینه های تعمیر و نگهداری کمتری نسبت به بسیاری از مصالح ساختمانی دارند. به کارگیری FRP ها از نظر هزینه مواد مصرفی، نگهداری و نصب در مقایسه با سایر مواد متداول بسیار عملیاتی است. البته کسی نباید تصور کند قیمت مواد اولیه FRP کم است، بلکه روش های مورد استفاده برای نصب این مواد منجر به کاهش هزینه های نصب و هزینه های چرخه عمر آنها میشود.

❐ ترمیم و تقویت سازه های بتنی با کامپوزیت

امروزه از الیاف مصنوعی کوتاه برای تقویت سیمان و جلوگیری از گسترش ترک ها استفاده می کند. این الیاف کوتاه از فلز، پلاستیک، شیشه و ... در طول های متفاوت ساخته میشوند و استفاده از هرکدام در مخلوط سیمان یا بتن، تابع شرایط ویژه ای است. به عنوان نمونه الیاف فلزی در بتن، کف کارخانه ها و پوشش های پاششی و تونل سازی استفاده میشوند. الیاف پلاستیکی کوتاه در بتن های کف و اندودکاری به کار میروند تا ترک های ناشی از انقباض را به سرعت کاهش دهند. الیاف شیشه قلیایی نیز برای تقویت سازه ای بتن در اجزای تشکیل دهندهٔ دیوارهای نازک به کار میروند.

پلاستیک های تقویت شده با الیاف (FRP) در تقویت فیزیکی سازه های مختلف ساختمانی برای بهبود رفتار باربری و تحمل نیروهای ارتعاشی کاربرد دارند. تقویت فیزیکی اعضای سازه های ساختمانی یکی از روش های بهینه سازی تاب ارتعاشی و لرزه ای آنهاست. کولار به دلیل داشتن ویژگیهایی چون مقاومت بالا، نارسانایی الکتریکی، دوام و خاصیت کشسانی، ماده ای مناسب برای تقویت اعضای سازه های مختلف ساختمانی در برابر نیروهای ارتعاشی ناشی از زلزله است.

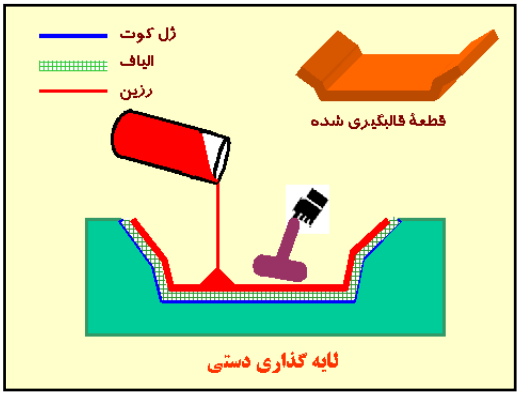
مزایای تقویت سازه های بتنی با مواد کامپوزیت را به طور خلاصه میتوانب ه شرح زیر ذکر کرد:

- سادگی در اجرا
- سرعت عمل بالا
- مقاومت مواد کامپوزیت به خوردگی
- افزایش استحکام بدون افزایش وزن سازه
- افزایش مقاومت سازه در برابر بارهای زلزله
- اطمینان به عملکرد در شرایط بحرانی
- امکان تعمیر مجدد پس از تقویت یا ترمیم سازه
- عملکرد بالا و کاهش هزینه های تقویت یا تعمیر در مقایسه با روشهای سنتی

❐ گنبدهای کامپوزیتی

گنبدها از نظر شکل و مصالح ساختمانی دارای تنوع گسترده ای هستند. یک شرکت با بهره گیری از الیاف کامپوزیت اقدام به برداشتن گنبدهای تخریب شده یا آسیب دیده و جایگزینی آنها با گنبدهای مشابه از جنس کامپوزیت است. دوام و طول عمر گنبدهای FRP بسیار بیشتر از گنبدهای ساخته شده از فولاد، آلومینیوم، مس، بتن و دیگر مواد مرسوم است. گنبدهای FRP به سازه پشتیبان داخلی نیاز ندارند و با ضخامت کم در مقایسه با سایر مواد بسیار سبک ترند. با به کارگیری FRP میتوان گنبد داخلی را با گنبد خارجی به صورت یکپارچه ساخت. قطعات تشکیل دهنده گنبد در کارخانه ساخته شده و شماره گذاری می شوند تا عملیات نصب آنها در محل موردنظر آسان تر انجام شود. معمولاً اجزای سازنده گنبد به صورت قطعاتی با حداکثر اندازه قابل حمل با کامیون در کارخانه به هم متصل می شوند. این قطعات که به شکل تکه های پیتزا هستند، در محل نصب به هم پیچ می شوند. پس از تکمیل گنبد FRP، آن را با یک جرثقیل روی ساختمان موردنظر قرار می دهند. پس از قرار گرفتن گنبد روی سازه، تنها کار باقیمانده، پیچ کردن آن به سازه اصلی است. گنبدهای FRP نسبت به سایر مواد این برتری را دارند که می توانند به شکل های پیچیده قالب گیری شوند. باتوجه به دوام و مقاومت در برابر خوردگی، کاشی بهترین نمای خارجی است. کاشی ها با چسب پایه اپوکسی به پوسته کامپوزیتی چسبانده می شوند. با توجه به یکی بودن ضریب انبساط حرارتی کاشی و پوسته کامپوزیتی، اتصال آنها از دوام قابل قبولی برخوردار است.

❐ روشهای ساخت کامپوزیت ها



روش های مختلفی جهت تولید قطعات کامپوزیتی پایه پلیمری وجود دارد که به طور کلی به سه دسته تقسیم می شوند :

۱. روش های تولید ساده لایه چینی دستی و پاششی که شامل روش های تولید با قالب باز هستند . تیراژ دراین نوع تولید ، محدود یک الی سه قطعه در روز است و کیفیت محصول به اپراتور بستگی دارد .
۲. روش های تولید خاص پالتروژن، پیچش الیاف و لایه نشانی پیوسته که جهت تولید قطعات خاص مانند لوله، پروفیل ، ورق و غیره مورد استفاده قرار می گیرند.
۳. روش تولید قطعات صنعتی SMC ، BMC ، RTM ، GMT ، LFT و ... که روش های LFT و GMT مربوط به گرمانرم ها و روش های RTM ، BMC و SMC مربوط به گرما سخت ها هستند .

❐ SMC

فرآیند تولید قطعه SMC شامل سه مرحله است :

- تهیه ورق یا لایه SMC
- تولید قطعه قالب گیری
- عملیات تکمیلی

مزایای این روش ، تولید در حجم زیاد ، امکان ساخت قطعات ساده و پیچیده ، تولید قطعه با کیفیت سطحی A ، هزینه بسیار کم نیروی انسانی به ازای واحد محصول ، قیمت پایین محصول تمام شده و مشخصات مکانیکی یکنواخت با تلرانس ۶ درصد بوده و معایب آن ، نیاز به سرمایه گذاری زیاد ، عملیات پیچیده تر بازیافت نسبت به گرمانرم ها است . روش SMC به طور گسترده ای در صنایع الکتریکی به کار می رود. علت استفاده از SMC در صنایع الکتریکی ، نارسانایی الکتریکی ، پایداری در حرارت بالا ، عدم نیاز به رنگ آمیزی ، مقاومت در برابر شرایط آب و هوایی ، مقاومت مکانیکی زیاد ، مقاومت شیمیایی ، پایداری ابعادی ، قابلیت بازیافت و آزادی عمل در طراحی است .

این روش در صنعت حمل و نقل مثل بدنه خودرو ، قطعات با استحکام زیاد ، بدنه قطارهای سریع السیر ، قطعات کامیون و اتوبوس کاربردهای فراوانی دارد. علت استفاده از SMC در صنایع حمل و نقل وزن کم محصول ، پایداری ابعادی ، آزادی عمل در طراحی ، توانایی تولید قطعه با کیفیت سطحی A ، هزینه کم سرمایه گذاری نسبت به تولید قطعه فلزی ، سرعت عمل در مونتاژ ، مقاومت در برابر شرایط آب و هوایی و تولید قطعه با ضخامت های متغیر است .

❐ BMC

همانند روش SMC است با این تفاوت که بجای ورق ها از بلوک ها یا قطعات کامپوزیتی استفاده میشود. یعنی تکه های BMC آماده درون قالب گرم فولادی قرار می گیرند و پرس طی دو مرحله بسته و دو مرحله فشار اعمال می شود . در نهایت ضمن عملیات پخت درون قالب ، قطعه تولید می شود .

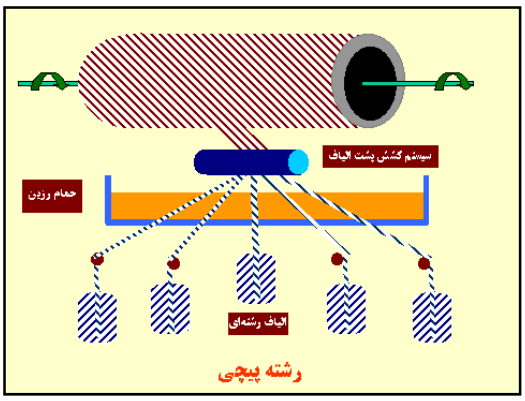
مزایای این روش عبارتند از : تولید در حجم زیاد ، امکان ساخت قطعات ساده و پیچیده ، تولید قطعه با کیفیت سطحی A ، هزینه بسیار کم نیروی انسانی به ازای واحد محصول و بهای کم محصول تمام شده و معایب آن شامل نیاز به سرمایه گذاری زیاد در عملیات پیچیده بازیافت نسبت به گرمانرم ها است .

❐ RTM

در این روش تزریق رزین به داخل یک **قالب بسته**- تجهیزات مورد نیاز این روش عبارتند از : قالب بسته معمولاً از جنس کامپوزیت ، دستگاه تزریق رزین ، دستگاه خلأ ، بالابر و لوازم مناسب برش و یا شکل دهی الیاف .

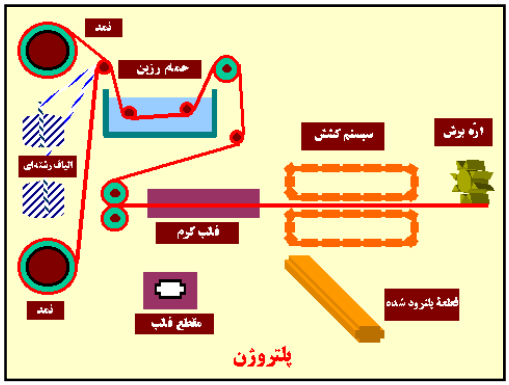
از **مزایای** روش **RTM** می توان به ساخت قطعات با ابعاد بزرگ، نیاز به سرمایه گذاری اولیه کم قالب و تجهیزات، قابلیت تولید قطعه با کیفیت سطحی بالا و مشخصات مکانیکی مناسب و از **معایب** آن به عدم قابلیت تولید قطعات پیچیده، قیمت تمام شده متوسط جهت محصول ، عملیات پیچیده تر بازیافت نسبت به گرمانرم ها اشاره کرد.

❐ رشته پیچی(filament winding)



رشته پیچی یک روش ساده و کارا برای تولید قطعات مدور مانند لوله و ظروف استوانه‌ای در اندازه‌های مختلف می‌باشد. قطعات با قطر mm 25 تا m 6 در این فرآیند متداول می‌باشد. در این فرآیند الیاف رشته ای یا نوارهای پیوستهٔ الیاف با شرایط کنترل شده روی یک مغزی پیچیده می‌شوند .لایه‌ها با یک طرح یکسان و یا متفاوت پیچیده می‌شوند. به هنگام پیچش الیاف، کشش الیاف بین لایه‌های پخت نشده کامپوزیت فشار ایجاد می‌کند. این فشار بر فشردگی الیاف و درصد حباب هوا در قطعه -که کنترل کنندهٔ استحکام و سفتی قطعه می‌باشد -مؤثر است. رزین ممکن است قبل، به هنگام و بعد از پیچش روی الیاف اعمال شود. در نهایت رزین در دمای محیط و یا دمای بالاتر و بدون اعمال فشار پخت شده، مغزی از درون آن بیرون کشیده می‌شود. عملیات تکمیلی مانند ماشین کاری و سنباده زنی معمولاً احتیاج نیست.

❐ پالتروژن



پلتروژن فرآیند پیوسته‌ای برای تولید انواع پروفیلهای کامپوزیتی است. در این فرآیند، الیاف تقویت کننده را از یک حمام عبور می‌دهند تا به رزین آغشته شود. سپس الیاف آغشته شده را وارد یک قالب گرم می‌نمایند و نمونهٔ پخت شده را توسط یک دستگاه کشش بیرون می‌کشند. بعد از این مرحله امکان برش محصول در اندازه‌های دلخواه وجود دارد. این فرایند تا حدودی مشابه فرایند اکستروژن پلاستیکها و تولید پروفیلهای پلاستیکی است . از جمله مزایای این روش که یکی از باصرفه‌ترین روشهای تولید کامپوزیتهاست، این است که درصد الیاف در آن بالاست و چون الیاف بصورت طولی آرایش می‌یابند، محصول دارای استحکام کششی و فشاری بسیار بالایی است. همچنین سطح محصول نهایی کاملاً صاف است و نیازی به فرآیندهای تکمیلی نیست.

❐ استانداردها و صنعت کامپوزیت

یکی از موانع اصلی رشد بازار کامپوزیت ها، دشواری و هزینه بالای مشخصه سازی مواد است که برای طراحی و گزینش مواد، بسیار ضروری است بعضی از دلایل دشواری تهیه پایگاه های اطلاعاتی مواد برای کامپوزیت ها عبارتند از:

- انیزوتروپی ماده و یا ساختار لایه ای آن
- روشهای گوناگون تولید تأثیر آنها بر ویژگیهای ماده
- روشهای متعدد آزمایش برای یک ویژگی ماده

دو مورد نخست بر قابلیت طراحی کامپوزیت ها در کاربردهای گوناگون اثر دارند و مورد سوم تا حدودی به عنوان یک ضعف صنعتی مطرح است. با این وجود پیشرفت های اخیر در استانداردسازی، زیربنای اصلاح شده ای برای ترویج صنعت کامپوزیت ایجاد کرده است.

استانداردسازی اغلب به عنوان یک بخش کسل کننده اما اجتناب ناپذیر تولید صنعتی مورد توجه است. استانداردسازی ضعیف باعث افزایش هزینه های صنعت میشود. البته رعایت نکردن استانداردهای بین المللی ممکن است از ورود تولیدکننده به بازار جهانی جلوگیری کند. در عوض استانداردسازی مناسب، هزینه های تولید را کاهش داده و اطمینان خریدار را به کالای عرضه شده افزایش می دهد. همچنین بازارهای جدیدی را فراروی تولیدکننده گسترش میدهد.

در ایران نیز طی سالهای اخیر جلسات متعددی توسط کارشناسان انجمن کامپوزیت ایران و موسسه استاندارد ایران در خصوص تدوین چند استاندارد مرتبط با صنایع کامپوزیت-فایبرگلاس صورت گرفته که امید آن است در سال آینده بصورت رسمی ثبت و مورد اجراء قرار گیرد.

❐ مراجع:

۱. "الیاف طبیعی", سایت شبکه کامپوزیت ایران, ۱۳۸۴ .
۲. "الیاف شیشه" , سایت شبکه کامپوزیت ایران, ۱۳۸۴.
۳. "انتخاب رزین برای ساخت کامپوزیتها", سایت انجمن کامپوزیت ایران.
۴. "بازسازی بناها با مواد کامپوزیت" , سایت انجمن کامپوزیت ایران.
۵. "ترمیم و تقویت سازه های بتنی با کامپوزیت" , سایت انجمن کامپوزیت ایران.
۶. "تقویت و تعمیر لوله های گاز با کامپوزیت" , سایت انجمن کامپوزیت ایران.
۷. "ده کاربرد مهم برای الیاف کربن" , :صالحی.حسین , مجله کامپوزیت.
۸. "گنبدهای کامپوزیتی" , سایت انجمن کامپوزیت ایران.
۹. "لوله های کامپوزیتی" , سایت انجمن کامپوزیت ایران.
۱۰. "استفاده از کامپوزیت ها در توربین های بادی" , سایت انجمن کامپوزیت ایران.
۱۱. "روشهای تولید قطعات کامپوزیتی" , سایت انجمن کامپوزیت ایران.
۱۲. مجله کامپوزیت: از انتشارت موسسه کامپوزیت ایران
۱۳. انجمن کامپوزیت ایران با آدرس اینترنتی www.IRCOMAS.org
۱۴. شبکه ایران کامپوزیت با آدرس اینترنتی www.Iran_Composite_Network