وب سایت تخصصی برق و الکترونیک از:

www.ELEC4U.IR

به

www.BARGH20.COM

تغییر نام یافت . لطفا از این به بعد برای ورود از آدرس جدید استفاده نمایید .

پروژه های تخصصی – آموزش میکروکنترلرها – دانلود تمامی نرم افزارهای تخصصی برق با لینک مستقیم – انجمن های تخصصی برای رفع اشکال و پرسش و پاسخ – آموزش نرم افزارها – مجلات برق – آموزش برنامه نویسی و ...

کامپوزیت ها در صنعت برق

فهرست

مقدمه	4
کامپوزیت چیست	5
دسته بندی کامپوزیت ها	8
نحوه ساخت کامپوزیت ها	9
اجزای یک کامپوزیت	10
مزایای مود کامپوزیت ها	12
کاربردهای کامپوزیت ها	13
انواع خوردگی	14
کاربرد کامپوزیت در صنعت برق و الکترونیک	17
لوله کامپوزیتی عبور کابل	18
سیستم حمل کابل کامپوزیتی	18
بازوهای عرضی کامپوزیتی	20
تیرهای کامپوزیتی	22
مقره‌های کامپوزیتی	22
تیرها و کراس آرم های کامپوزیتی	23

کامپوزیت ها در صنعت برق

مقدمه

مهندسی:کامپوزیتها - مواد چند سازه ای یا کاهگل های عصر جدید. کامپوزیتها (مواد چند سازه ای یا کاهگل های عصر جدید)رده ای از مواد پیشرفته هستند که در آنها از ترکیب مواد ساده به منظور ایجاد موادی جدید با خواص مکانیکی و فیزیکی برتر استفاده شده است.اجزای تشکیل دهنده ویژگی خود را حفظ کرده در یکدیگر حل نشده و با هم ممزوج نمی شوند.استفاده از این مواد در طول تاریخ نیز مرسوم بوده است مانند آجرهای گلی که در ساخت آنها از تقویت کننده کاه استفاده می شده است .هنگامی که این دو باهم مخلوط بشوند در نهایت آجرپخته بدست می آید که بسیار ماندگار تر و مقاوم تر از هر دو ماده اولیه یعنی گل و کاه است.

رایجترین دسته کامپوزیت های زمینه پلیمری هستند که بیش از 90 درصد مصرف جهانی کامپوزیت را به خود اختصاص داده اند.

فایبرگلاس‌ها یا الیاف شیشه متداولترین الیاف مصرفی کامپوزیت‌ها در دنیا و ایران است . انواع الیاف شیشه عبارتند از انواع E، C ، S و کوارتز. ترکیب الیاف شیشه نوع E یا الکتریکی ، از جنس آلومینوبور و سیلیکات کلسیم بوده و دارای مقاومت ویژه الکتریکی بالایی است.الیاف شیشه نوع S ، تقریباً 40 درصد استحکام بیشتری نسبت به الیاف شیشه نوع E دارند. الیاف شیشه نوع C یا الیاف شیشه شیمیایی ، دارای ترکیب بور و سیلیکات کربنات دو سود بوده و نسبت به دو مورد قبل پایداری شیمیایی بیشتری بخصوص در محیط‌های اسیدی دارد. الیاف شیشه کوارتز ، بیشتر در مواردی که خاصیت دی‌الکتریک پایین نیاز باشد، مانند پوشش آنتن‌ها و یا رادارهای هواپیما استفاده می‌شوند.

کامپوزیت چیست؟

آشنايي با كامپوزيتها

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 ....

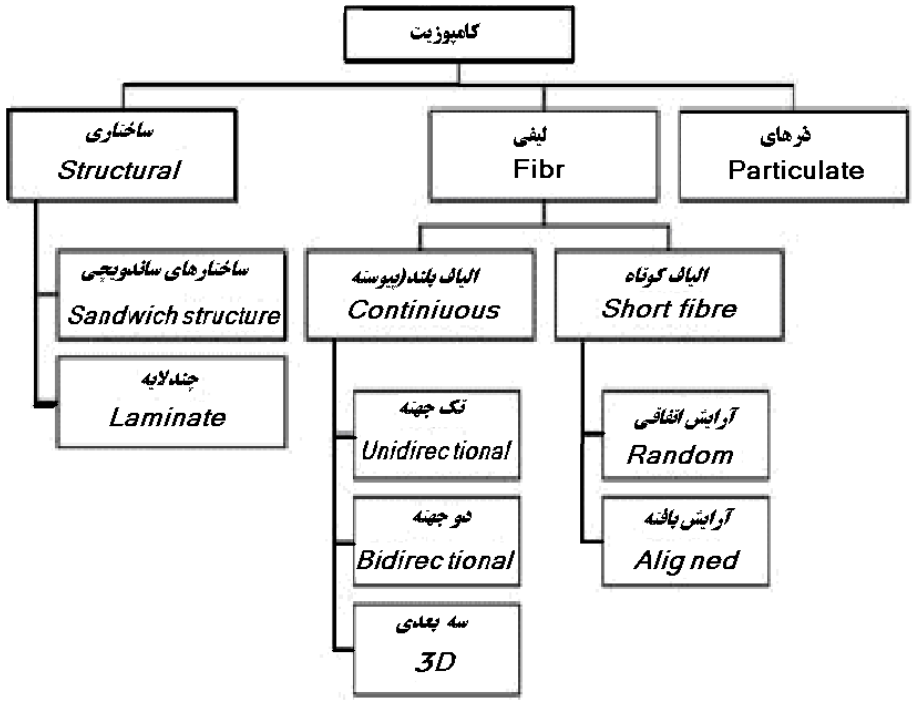
از آنجا که نمی توان ماده‌ای یافت که همه خواص مورد نظر را دارا باشد، باید به دنبال چاره‌ای دیگر بود. کلید این مشکل، استفاده از کامپوزیتهاست.

کامپوزیتها موادی چند جزئی هستند که خواص آنها در مجموع از هرکدام از اجزاء بهتر است.ضمن آنکه اجزای مختلف، کارایی یکدیگر را بهبود می‌بخشند. اگرچه کامپوزیتهای طبیعی، فلزی و سرامیکی نیز در این بحث می‌گنجند، ولی در اینجا ما تنها به کامپوزیتهای پلیمری می‌پردازیم.

در كامپوزيتهاي پليمري حداقل دو جزء مشاهده مي‌شود:

1. فاز تقویت کننده که درون ماتریس پخش شده است.
2. فاز ماتریس که فاز دیگر را در بر می‌گیرد و یک پلیمر گرماسخت یا گرمانرم می‌باشد که گاهی قبل از سخت شدن آنرا رزین می‌نامند.

تقسیم بندی‌های مختلفی در مورد کامپوزیتها انجام گرفته است که در اینجا یکی از آنها را آورده‌ایم:



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 دستهٔ الیاف کوتاه و بلند تقسیم می‌شوند. الیاف می‌بایست 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 می‌شود و ماتریس پلیمری در واقع ضمن حفاظت الیاف از صدمات فیزیکی و شیمیایی، کار انتقال نیرو به الیاف را انجام می‌دهد. ضمناً ماتریس الیاف را به مانند یک چسب کنار هم نگه می‌دارد و البته گسترش ترک را محدود می کند. مدول ماتریس پلیمری باید از الیاف پایینتر 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 درکامپوزیتها 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 پلی استر غیر اشباع، وینیل استر، فنل فرم آلدهید(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، دراین بخش به رزینهای دارای منشا طبیعی و تجدیدپذیر نیز، پرداخته شده است.

از الیاف متداول در کامپوزیتها می‌توان به شیشه، کربن و آرامید اشاره نمود. در میان رزینها نیز، پلی استر، وینیل استر، اپوکسی و فنولیک از اهمیت بیشتری برخوردار هستند. در بخشهای بعدی، رزینها و الیاف و روشهای شکل دهی کامپوزیتها را مورد بحث قرار داده‌ایم.

دسته‌بندی کامپوزیت‌ها

دسته‌بندی کامپوزیت‌ها از دیدگاه زیستی

- کامپوزیت‌های طبیعی. مانند استخوان، ماهیچه، چوب و ...
- کامپوزیت‌های مصنوعی(مهندسی)

دسته‌بندی کامپوزیت‌های مهندسی از لحاظ فاز زمینه

- CMC (کامپوزیت‌های با زمینهٔ سرامیکی)
- PMC (کامپوزیت‌های با زمینهٔ پلیمری)
- MMC (کامپوزیت‌های با زمینهٔ فلزی)

دسته‌بندی کامپوزیت‌ها از لحاظ نوع تقویت کننده

- FRC (کامپوزیت‌های تقویت شده با فیبر)
- PRC (کامپوزیت‌های تقویت شده توسط ذرات)

کامپوزیت‌های سبز(کامپوزیت‌های تجزیه‌پذیر زیستی)

در اینگونه کامپوزیت‌ها، فاز زمینه و تقویت کننده، از موادی که در طبیعت تجزیه می‌شوند،ساخته می‌شوند. در کامپوزیت‌های سبز، معمولاً فاز زمینه از پلیمرهای سنتزی قابل جذب بیولوژیکی و تقویت کننده‌ها از فیبرهای گیاهی ساخته می‌شوند.

امروزه رایج ترین کامپوزیت های ساخته شده به دست بشر را میتوان به سه دسته اصلی تقسیم نمود:

کامپوزیت های بستر سرامیکی (CMC)، کامپوزیت های بستر فلزی (MMC) و کامپوزیت های بستر پلیمری (PMC). در هر زمینه ای فاز تقویت کننده می تواند از جنس سرامیک، فلز و یا پلیمر باشد.

اغلب کامپوزیت های زمینه پلیمری از رزین های ترموست و الیاف تقویت کننده ساخته می شوند. ترموست به محصولی گفته می شود که در یک واکنش بازگشت ناپذیر شیمیایی ساخته می شود. متفاوت از پلاستیک ها با حرارت نمی توان یک محصول ساخته شدهٔ پلیمری ترموست را نرم کرد. الیاف تقویت کننده در کامپوزیت ها هنگامی که با رزین ترکیب می شوند نقش استحکام بخشی به آن را ایفا می نمایند.

نحوه ساخت کامپوزیت ها:

روش های متعددی برای ساخت کامپوزیت های پلیمری وجود دارد. هر روشی برای ترکیبهای خاصی از محصول، بازار و مواد خام مناسب است. تمام کامپوزیت ها در موارد ذیل مشترک هستند:

در تمام آنها میزان مناسبی از رزین، پرکننده های تقویت کننده و الیاف به کار رفته است.

در تمام آنها یک سیال یا یک ماده خمیری شکل به فرم نهایی درمی آید.

در تمام آنها عمل پلیمریزاسیون در حین پخت صورت می گیرد.

در تمامی آنها مخلوطی از رزین، تقویت کننده و مواد دیگر به فرم یک جامه صلب در می آیند.

مواد طبیعی و مواد مهندسی در واقع میکروکامپوزیت هایی هستند، که خواص آنها از پراکندگی مناسب فازها بدست می آید. یک کامپوزیت ماده ای است که یک فاز متمایز فیزیکی و یا شیمیایی پخش شده در یک فاز پیوسته دارد و عموماً دارای خصوصیاتی متفاوت و یا بهتر از آن دو جزء می باشد.

کامپوزیت های زمینه پلیمری با الیاف تقویت کننده ای مثل کربن، شیشه یا آرامید (Aramid) به عنوان مواد مهندسی، کاملاً شناخته شده هستند. فلزات حاوی ذرات و الیاف سرامیکی نیز اهمیت زیادی دارند و کامپوزیت های زمینه سرامیکی جدیدترین نوع کامپوزیت ها می باشند.

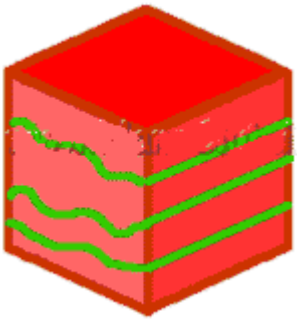
در سال های اخیر استفاده از کامپوزیت ها بخصوص کامپوزیت های زمینه پلیمری (PMC) رشد سریعی داشته و این روند همچنان ادامه دارد. عامل اصلی توسعه کامپوزیت ها خواص بهینه آنها نسبت به اجزای تشکیل دهنده می باشد. این توسعه عمدتاً با جایگزینی کامپوزیت بجای مواد معمول و بخصوص فلزات صورت می گیرد.

اجزای یک کامپوزیت

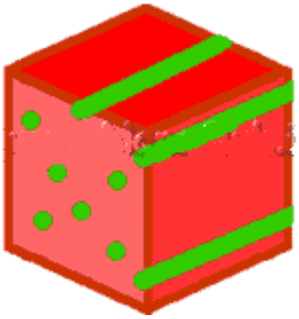
گفتیم که کامپوزیت عبارت است از ترکیب فیزیکی دو ماده با خواص متفاوت. بنابراین، کامپوزیت‌ها از دو قسمت تشکیل شده‌اند:

قسمت زمینه(مادۀ اول که در یک سری از خواص نقص دارد)

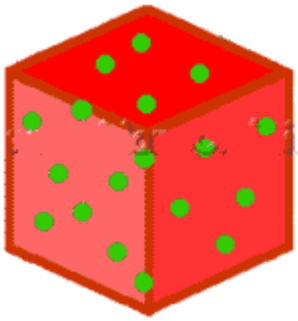
و قسمت تقویت‌کننده (مادۀ دومی که به مادۀ اول اضافه می‌شود تا دسته‌ای از خواص آن را بهبود بخشد). (شکل 1)



الف) کامپوزیت لایه‌ای



ب) کامپوزیت رشته‌ای



ج) کامپوزیت ذره‌ای

شکل (1)

زمینه چیست؟

زمینهٔ یک مادهٔ مرکب، ماده‌ای است پیوسته که مادهٔ دوم را در برگرفته است. این ماده در کاه‌گِل، گِل و در مثال باتلاق و آدم، محیط باتلاق است که پیوسته است و آدم را در برگرفته است. دومین ملاک برای تعیین زمینه این است که مقدار ماده‌ای که به عنوان زمینه استفاده می‌شود بیشتر از قسمت تقویت‌کننده است .

وظیفهٔ زمینه چیست؟

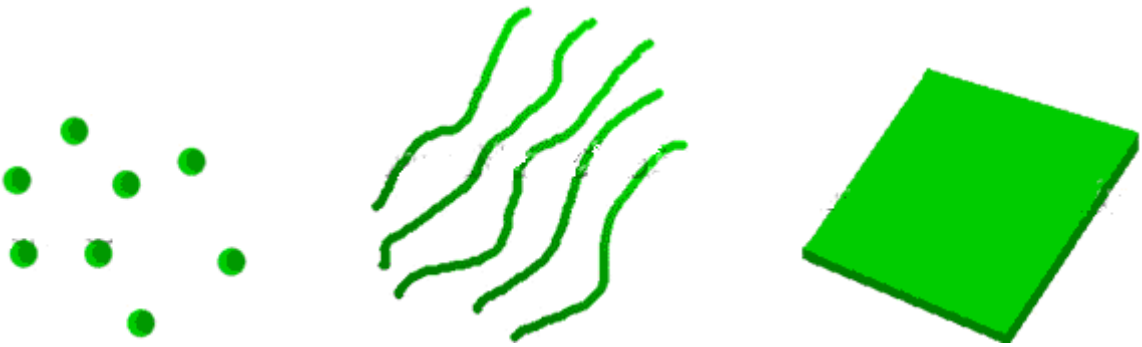
اولین وظیفهٔ زمینه احاطهٔ مادهٔ تقویت‌کننده است، به طوری که نگذارد مادهٔ تقویت‌کننده پراکنده شود؛ وظیفهٔ دوم، محافظت از مادهٔ تقویت‌کننده در برابر عوامل شیمیایی است؛ و وظیفهٔ سوم این است که چون مواد زمینه را نرم انتخاب می‌کنند، وقتی نیرو به مادهٔ مرکب (کامپوزیت) وارد می‌شود، توسط زمینه به مادهٔ تقویت‌کننده انتقال داده شود تا مادهٔ تقویت‌کننده نیرو را تحمل کند.

تقویت‌کننده چیست؟

تقویت‌کننده‌ها موادی هستند که به صورت تکه‌تکه، در یک زمینهٔ پیوسته وارد می‌شوند تا خواص مادهٔ زمینه را بهتر کنند.

تقویت‌کننده‌ها چه شکلی هستند؟

تقویت‌کننده‌ها می‌توانند به صورت یک صفحه، یک رشته (نخ)، یا یک ذره (پودر) وارد حجم زمینه شوند و خواص آن را بهبود بخشند. (شکل 2)



الف) تقویت‌کنندهٔ صفحه‌ای ب) تقویت‌کنندهٔ رشته‌ای ج) تقویت‌کنندهٔ ذره‌ای

شکل (2)

نقاط قوت کامپوزیتها:

وزن کم این مواد در عین بالا بودن نسبت مقاومت به وزن آنها (حتی تا 15 برابر برخی از فولادها)

مقاومت بالا نسبت به خوردگی.

وجود روش های مختلف ساخت و امکان تولید اشکال پیچیده و متنوع.

مزایای مواد کامپوزیتی

مهم‌ترین مزیت مواد کامپوزیتی آن است که با توجه به نیازها، می‌توان خواص آنها را کنترل کرد. به طور کلی مواد کامپوزیتی دارای مزایای زیر هستند:

- **مقاومت مکانیکی نسبت به وزن بالا**
- **مقاومت در برابر خوردگی بالا**
- **خصوصیات خستگی عالی نسبت به فلزات**
- **خواص عایق حرارتی خوب**
- **استحکام بالا**

- وزن کم
- قابلیت شکل دهی
- عمر نسبتاً طولانی

فایبرگلاس یکی از پرکاربردترین کامپوزیت‌هاست. فایبرگلاس یک کامپوزیت با زمینهٔ پلیمری است که توسط فیبرهای شیشه تقویت شده‌است.

کاربردها

صنایع کامپوزیت طیف وسیعی از محصولات را تولید می کنند. در زیر زمینه های مختلفی که محصولات کامپوزیتی در آن مورد استفاده قرار گرفته اند ارائه شده است.

موارد کاربرد کامپوزیت:

صنعت هوا- فضا:ساخت بدنه هواپیما .ساخت پره های توربین بادی و پره های هلی کوپتر.پوشش رادار هواپیما. هواپیما، هوافضا، صنایع دفاعی اجزاء هواپیما، سپرهای حرارتی، پوسته موتور راکت و ملزومات دیگر

صنعت نفت وگاز:به منظور ترمیم و تقویت سازه های فرسوده و ترمیم لوله های فرسوده نفت و گاز -.عایق توربین.(کامپوزیت ها با توجه به ساختار شبکه ای و طولی ای که دارند گرما را فقط در جهت طولی منتقل می کنند و نه عرضی بنابر این به عنوان عایق گرما برای دیواره توربین ها مناسب می باشند.-نقل قول از دکتر مظاهری رئیس گروه آیرودینامیک وپیشرانش دانشکده هوا-فضای شریف.)

صنایع دریایی:ساخت بدنه کشتی و تاسیسات فرا ساحلی. قایق، کرجی، کانو، کشتی و سازه های دریایی

حمل و نقل: بدنه و اجزاء اتومبیل، قطعات مختلف خودرو

صنعت ساختمان:پوشش کف -نما- سقف و برج های خنک کننده.

صنعت خودرو سازی:ساخت خودره ای سبک و در نتیجه کم مصرف تر.

ملزومات و تجهیزات اداری: دستگاههای کپی، اجزاء کامپیوتر، ملزومات خانگی و ابزار الکتریکی

ساخت و ساز: استخرهای شنا، وان حمام، برجهای خنک کننده، کف پل ها و علائم راهنمایی و رانندگی

ورزشی: چوب گلف، کمپ، وسایل ورزشی، صندلی، یخ نورد، اسکی و چوب ماهیگیری

تجهیزات مقاوم به خوردگی: لوازم کنترل آلودگی، محصولات تصفیه آب، لوله ها و فیتینگ ها، تانک های ذخیره سازی زیرزمینی و...

الکتریک و الکترونیک: جعبه فیوز (دکل های برق)، اتصالات الکترونیکی و لوله ها

انواع خوردگی

خوردگی از 8 روش می تواند به سطوح فلزی حمله کند . هشت دلیل موجه برای به کارگیری کامپوزیت ها در سازه های نظامی و غیرنظامی . این 8 روش عبارتند از :

حمله یکنواخت Uniform Attack

در این نوع خوردگی که متداول ترین نوع خوردگی محسوب می شود ، خوردگی به صورتی یکنواخت به سطح فلز حمله می کند و به این ترتیب نرخ آن از طریق آزمایش قابل پیش بینی است .

خوردگی گالوانیک Galvanic Corrosion

این نوع خوردگی وقتی رخ می دهد که دو فلز یا آلیاژ متفاوت (یا دو ماده متفاوت دیگر همانند الیاف کربن و فلز) در حضور یک ذره خورنده با یکدیگر تماس پیدا کنند . در منطقه تماس ، فرایندی الکترو شیمیایی به وقوع می پیوندد که در آن ماده ای به عنوان کاتد عمل کرده و ماده دیگر آند می شود . در این فرآیند کاتد در برابر اکسیداسیون محافظت شده و آند اکسید می شود .

خوردگی شکافی Crevice Corrosion

این ساز و کار وقتی رخ می دهد که یک ذره خورنده در فاصله ای باریک ، بین دو جزء گیر کند . با پیشرفت واکنش ، غلظت عامل خورنده افزایش می یابد . بنابراین واکنش با نرخ فزاینده ای پیشروی می کند.

آبشویی ترجیحی Selective Leaching

این نوع خوردگی انتخابی وقتی رخ می دهد که عنصری از یک آلیاژ جامد از طریق یک فرآیند خوردگی ترجیحی و عموماً با قرار گرفتن آلیاژ در معرض اسیدهای آبی خورده می شود . متداول ترین مثال جدا شدن روی از آلیاژ برنج است . ولی آلومینیوم ، آهن ، کبالت و زیرکونیم نیز این قابلیت را دارند .

خوردگی درون دانه ای Intergranular Corrosion

این نوع خوردگی وقتی رخ می دهد که مرز دانه ها در یک فلز پلی کریستال به صورت ترجیحی مورد حمله قرار می گیرد . چندین عامل می توانند آلیاژی مثل فولاد زنگ نزن آستنیتی را مستعد این نوع خوردگی سازند . از جمله حضور ناخالصی ها و غنی بودن یا تهی بودن مرزدانه از یکی از عناصر آلیاژی.

خوردگی حفره ای Pitting Corrosion

این نوع خوردگی تقریباً همیشه به وسیله یون های کلر و کلرید ایجاد می شود و به ویژه برای فولاد ضد زنگ بسیار مخرب است ؛ چون در این خوردگی ، سازه با چند درصد کاهش وزن نسبت به وزن واقعی اش ، به راحتی دچار شکست می شود . معمولاً عمق این حفرات برابر یا بیشتر از قطر آنهاست و با رشد حفرات ، ماده سوراخ می شود .

خوردگی فرسایشی Erosion Corrosion

این نوع خوردگی وقتی رخ می دهد که محیطی نسبت به یک محیط ثابت دیگر حرکت کند(به عنوان نمونه مایع یا دوغابی که درون یک لوله جریان دارد) یک پدیده مرتبط با این گونه خوردگی ، سایش Fretting است که هنگام تماس دو ماده با یکدیگر و حرکت نسبی آنها از جمله ارتعاش به وجود می آید . این عمل می تواند پوشش های ضد خوردگی را از بین برده و باعث آغاز خوردگی شود .

خوردگی تنشی **Stress Corrosion**

این نوع خوردگی وقتی رخ می دهد که ماده ای تحت تنش کششی در معرض یک محیط خورنده قرار گیرد . ترکیب این عوامل با هم ، ترک هایی را در جزء تحت تنش آغاز می کند .

کاربرد کامپوزیت در صنعت برق و الکترونیک

نگاهی به کاربرد کامپوزیت‌ها در صنعت برق

صنعت برق با مصرفی معادل **17** درصد کل مصرف مواد کامپوزیت پس از صنایع ساختمان (**42** درصد) و خودرو (**30** درصد) در رده سوم مصرف‌کنندگان این مواد قرار دارد.

صنعت برق یکی از مصرف‌کنندگان عمده مواد کامپوزیت است.

با توجه به وزن کم، استحکام بالا، مقاومت به خوردگی و نارسانایی الکتریکی، کاربرد این مواد در صنایع برق و الکترونیک رشد فزاینده‌ای داشته است. امروزه قطعات مختلفی همانند تیرها، مقره‌ها، تابلوها، بازوهای عرضی (کراس آرم‌ها) و عایق‌های گوناگون از جنس مواد کامپوزیت ساخته شده و مورد بهره‌برداری قرار گرفته‌اند. به عنوان مثال، هم‌اکنون حدود یک میلیون تابلو برق کامپوزیتی در اروپا نصب شده است.

خوشبختانه در کشور ما نیز، مواد کامپوزیت در صنایع برق، به ویژه در ساخت قطعات سوییچ‌های برق، به کار گرفته می‌شوند. بسیاری از این محصولات هم‌اکنون به صورت انبوه تولید می‌شوند. تیرهای برق کامپوزیتی نیز سال‌هاست که طراحی و ساخته شده و در شمال کشور نصب شده‌اند.

حدود **20** سال است که کامپوزیت‌های پلیمری تقویت شده با الیاف (**FRP**) در کاربردهای الکتریکی مصرف می‌شوند. این مواد در ساخت قطعات گوناگون صنعت برق به کار می‌روند از

جمله لوله‌های عبور کابل، سیستم‌های حمل کابل در تونل‌ها و پل‌ها، تیرهای انتقال برق، بازوهای عرضی (کراس‌آرم‌ها)، مقره‌ها، برج‌های ارتباطی و غیره.

براساس مقاله‌ای از پژوهشگران موسسه کامپوزیت ایران، از جمله کاربردهای کامپوزیت‌ها در صنایع برق به موارد زیر نام برد:

لوله کامپوزیتی عبور کابل

یکی از موارد کاربرد کامپوزیت در صنعت برق ، ساخت لوله های عبور کابل است . لوله های پلیمری تقویت شده با الیاف شیشه GRP را می توان در ترکیب با اتصالات و متعلقات ویژه ای به کاربرد و آن ها را به شکل یک سیستم عبور کابل چندلایه و چند ردیفی شکل داد . این لوله ها برای کابل های شبکه برق شهری و کابل های مخابراتی زیرزمینی مورد استفاده قرار می گیرند . علاوه بر این در موارد زیر نیز کاربرد دارند :

1) برای کابل هایی که از زیر ریل جرثقیل های سقفی و یا راه های اصلی شهری عبور می کنند .

2) برای کابل هایی که از روی پل ها و رودخانه ها عبور می کنند . به ویژه برای کابلهایی که از روی پل عبور می کنند ، به کارگیری لوله های GRP ، بار وارده بر پل را کاهش داده و ساخت و ساز پل را تسهیل خواهد کرد .

سیستم حمل کابل کامپوزیتی

سیستم های حمل کابل کامپوزیتی ، یک محصول سازه ای برای حل بسیاری از مشکلات مهندسی و طراحی در شبکه های برق رسانی و مخابراتی هستند که برای نگهداری کابل های گرانبها و اغلب حساس و استراتژیک در دراز مدت قابل اعتمادند. این سیستم ها ویژگی های منحصربه فردی دارند که آن ها را قادر به تحمل بسیاری از محیط های خورنده می کند ؛ به ویژه شرایطی

که مواد سنتی در آن ها عمر کاری مفید و اقتصادی ندارند . این محصولات از رزین های گرما سخت تقویت شده با شیشه و به نحوی طراحی و ساخته می شوند که یکپارچگی سازه ای آنها با انواع فولادی و آلومینیمی رقابت می کند ؛ با این تفاوت که مشکلات خوردگی ، سنگینی وزن و هدایت الکتریکی آنها را ندارند .

این محصولات در برابر اسیدها ، نمک ها ، قلیاها و محدوده وسیعی از محیط ها و مواد شیمیایی خورنده که بر آلومینیم و فولاد گالوانیزه اثرات شدیدی دارند ، مقاومند . حتی محصولات آلومینیمی یا فولادی پوشش داده شده نیز ممکن است به علت خراش های کوچک ایجاد شده حین نصب یا پس از آن ، در معرض آسیب باشند .

این محصولات در مقایسه با فولاد یا آلومینیم ، دارای نسبت استحکام به وزن بسیار بالایی هستند درحالی که یکپارچگی سازه ای مشابهی با آنها دارند .

پروفیل های کامپوزیتی پالترود شده که در این سیستم ها به کارگرفته می شوند دارای وزن مخصوصی حدود یک چهارم فولاد و یک سوم آلومینیم هستند که این امر حمل و نقل و برپا کردن آن ها را تسهیل می کند . برخلاف فولاد زنگ نزن این قطعات را می توان در محل و با وسایل دستی برید و سوراخ کرد . از آنجاییکه سینی و نردبان های این سیستم نارسانا هستند ، از بابت انتقال برق به سیستم حمل کابل از کابل های آسیب دیده هیچ نگرانی وجود ندارد . علاوه بر آن احتیاجی به جلوگیری از خوردگی الکترولیتی در شرایط ویژه نیست . ویژگی های نارسانایی و مغناطیسی نبودن به معنی سیستم حمل کابل ایمن ترند .

در بزرگترین پروژه مهندسی انجام شده با سرمایه خصوصی – تونلی که بریتانیا را به اروپا متصل می کند – بیش از **3/63** هزارتن **FRP** پالترود شده ، **1260**کیلومتر کابل الکتریکی و فیبر نوری را بر روی خود نگه داشته اند . این کابل ها ، روشنایی ، تهویه و ارتباطات درون تونل را کنترل می کنند . کابل های **25** کیلو ولتی تأمین کننده انرژی قطارها نیز با این کامپوزیت های پالترود شده حمل می شوند . این محصولات با شرایط زیر سازگارند :

- محدوده دمایی 5 تا 40 درجه سانتی گراد
- رطوبت 100 درجه
- سرعت باد 359 km/h
- پاشش مداوم آب نمک و حتی غوطه وری در آن
- نصب آسان
- حداقل تعمیرات
- هزینه کلی کمینه
- مقاومت در برابر بارگذاری استاتیک کابل ها

بازوهای عرضی کامپوزیتی

هر تیر انتقال برق فشار متوسط (20 و 33 کیلوولت) از سه قسمت اصلی یعنی تیر ، بازوهای عرضی و مقره ها تشکیل شده است . بازو های عرضی معمولاً از جنس فولاد ساخته می شوند . با این وجود در بعضی از کشورها نظیر آمریکا ، استرالیا ، کانادا و بخشهایی از اروپا این محصولات از مواد کامپوزیتی ساخته می شوند . به کارگیری بازوهای عرضی کامپوزیتی به جای نمونه فلزی دارای برتری هایی است ؛ از جمله :

- کاهش وزن : سنگینی وزن بازوهای عرضی فلزی (حدود 20 کیلوگرم) یکی از مشکلات شرکتهای انتقال و توزیع برق است . در مناطقی که به دلایل گوناگون از جمله ناهمواری سطح زمین ، امکان استفاده از ماشین های بالابر در آن ها وجود ندارد ، حمل بازوهای عرضی فلزی تا بالای تیر بسیار سخت و خطرناک است ؛ درصورتی که کامپوزیت ها وزن نسبتاً کمی دارند و حمل آنها آسان است .

- مقاومت در برابر خوردگی : بازوهای عرضی فلزی در آب و هوای مرطوب و خورنده ، عمر نسبتاً کمی دارند . یکی از برتری های مواد کامپوزیت ، مقاومت بسیار مناسب آنها در برابر خوردگی است که این مواد را برای این مناطق مطلوب می سازد .

- نارسانایی الکتریکی : کامپوزیت ها را می توان به صورت موادی عایق طراحی کرده و ساخت . این ویژگی خطر برق گرفتگی و اتصال کوتاه را کاهش می دهد . شاید بتوان با به کارگیری بازوهای عرضی کامپوزیتی از کاربرد مقره های حامل کابل – که در واقع نقش عایق را بین کابل و پروفیل بازی می کنند – جلوگیری کرد .

- زیبایی : در ساخت بازوهای عرضی فلزی همیشه محدودیت هایی وجود دارد که طراح را مجبور به استفاده از قطعات استاندارد نبشی می کند . با به کارگیری کامپوزیت ها می توان به سراغ طرح هایی رفت که علاوه بر بهینه بودن ، زیبا نیز باشند .

- عمر بیشتر : عمر بازو های عرضی کامپوزیتی حدود سه برابر طول عمر نمونه فلزی است . به دلیل عمر بیشتر و عدم نیاز به تعویض و تعمیر در کامپوزیت ها ، هزینه های تعویض و نگهداری حذف خواهند شد .

- کاهش تداخلات امواج رادیویی : امواج رادیویی بدون هرگونه انحراف و شکست از کامپوزیت ها عبور می کنند .

- کاهش افت توان خط : به کارگیری بازوهای عرضی کامپوزیتی از نشت جریان الکتریکی از خط به سمت پایه ها تا حدودی جلوگیری می کند و به این ترتیب میزان افت توان خط کاهش خواهد یافت .

علاوه بر موارد فوق با به کارگیری بازوهای عرضی کامپوزیتی می توان از طرح هایی استفاده کرد که یکپارچه بوده و نیازی به سوار کردن قطعات برروی هم نباشد .

تیرهای کامپوزیتی

به کارگیری تیرهای کامپوزیت FRP ، موضوع جدیدی در خدمات برق رسانی نیست ، با این وجود تیرهای انتقال برق FRP پالترود شده 21 تا 24 متری داستان دیگری است . تیرهای FRP با یک سوم وزن تیرهای چوبی ، نصف وزن تیرهای فولادی و تنها یک دهم وزن تیرهای بتنی ، انتخاب بسیار جذابی برای اغلب شرکتهای خدماتی برق رسانی هستند .

شرکت آمریکایی بریستول تنسی الکتریک سیستم BTES به تازگی 144 تیر FRP را در دو خط انتقال نصب کرده است . شرکت استرانگ ول Strongwell Corp واقع در ایالت ویرجینیا این تیرهای FRP پالترود شده SE 28 را با بیشترین ظرفیت ممان اینرسی در مقطع پایینی طراحی و برای جایگزینی تیرهای چوبی ، فولادی و بتنی در خطوط انتقال برق تولید کرده است . شرکت های خدمات برق رسانی در حال کشف برتری های تیرهای SE 28 ، نسبت به تیرهای ساخته شده از مواد سنتی هستند . تیرهای SE 28 شرکت استرانگ ول ، سبک ، محکم و دارای ویژگی های هدایتی خیلی کمی هستند . این تیرها همچنین در برابر خوردگی ، پوسیدگی ، پرتوهای فرابنفش ، نفوذ آب ، حشرات و دارکوب ها مقاومت بسیار بالایی دارند .

به عقیده دکتر مایکل برودر ، مدیر عامل شرکت BTES ، تیرهای کامپوزیتی SE 28 ، در مقایسه با تیرهای چوبی ، با گذشت زمان استحکامشان را از دست نمی دهند و تقریباً به هیچ گونه ترمیم و تعمیری احتیاج ندارند . او هم چنین به ویژگی های الکتریکی تیرهای FRP و تحمل ضربه و بار ناشی از بادهای شدید توسط آن ها اشاره می کند .

مقره‌های کامپوزیتی

از دیگر موارد کاربرد کامپوزیت در صنعت برق، مقره‌های کامپوزیتی هستند.

خطوط انتقال و توزیع نیرو به دو چیز نیاز دارند: کابل‌هایی که جریان الکتریکی را هدایت می‌کنند و عایق‌های الکتریکی (مقره‌های الکتریکی) که کابل‌ها را از دکل‌های فولادی

نگهدارنده‌شان جدا می کنند. عایق‌های الکتریکی متداول، سرامیکی یا شیشه‌ای هستند. این مواد در کنار ویژگی‌های خوبی هم‌چون نارسانایی و مقاومت آب‌وهوایی، دارای معایبی چون سنگینی وزن و شکست آسان نیز هستند و به هنگام آلودگی دچار افت ولتاژ استقامت می‌شوند.

رشد تقاضای جهانی برای انرژی برق، فرصت‌های جدیدی را برای کامپوزیت‌های مقاوم به خوردگی ایجاد کرده است که استفاده گسترده از کامپوزیت‌ها در این امر می‌تواند به کاهش هزینه‌ها و افزایش قابلیت‌ها منجر شود.

تیرها و کراس آرم های کامپوزیتی

چکیده :

تیر های انتقال و کراس آرمهای به کار رفته بر روی تیر ها از نقاط حساس و کلیدی در خطوط انتقال و توزیع به حساب می آیند . تا به امروز تیر ها و کراس آرمهای به کار رفته در خطوط توزیع قدرت از جنسهای مختلفی ائم از چوب بتن و فولاد بوده اند.

تیر های برق می بایست به گونه ای طراحی شوند تا در برابر نیرو های مختلف از مقاومت کافی برخوردار باشند زیرا هزینه ی بالای تعمیر تیر های معیوب و نصب تیر های جدید و همچنین خسارات وارده به مراکز صنعتی در اثر قطع برق، از جمله خساراتی است که برای آن مبالغ هنگفتی را می بایست پرداخت نمود. لازم به ذکر است که در کشور های صنعتی پیشرفته خسارات ناشی از قطع برق به عللی مانند فوق تماما از سوی وزارت نیرو به کارخانه ها پرداخت می شود.

تیر های انتقال قدرت در حال حاظر عمدتا از چوب بتن و فلز ساخته می شوند. تیر های چوبی از مشکلات زیادی بر خوردارند یکی از آنها عدم سازگاری با شرایط آب و هوای مختلف است

چرا که در مناطق مرطوب به راحتی توسط موریانه ها و گیاهان قارچی خورده خواهند شد. که برای جلوگیری از این امر سطح آن را به مواد سمی آغشته می کنند. این امر موجب می شود تا بر اثر ریزش برف و باران-جدای از تخریب فیزیکی و مکانیکی تیر آلودگی محیط زیست نیز ایجاد شود. تیر های فلزی نیز در معرض خطر جدی زنگ زدگی و خوردگی قرار دارندکه هزینه حفاظت از آن –مانند حفاظت کاتدی- بسیار بالا می باشد. علاوه بر این تیر های فلزی و چوبی از وزن بسیا بالایی برخوردارند و همین امر هزینه های زیادی را در حمل و نقل بروز مشکلاتی را اجتناب ناپذیر می نماید.

از سال **1990** تا **1995** بیش از **7000** انسان در اثر تصادف با تیر های سیمانی و فولادی در امریکا کشته شده اند. در سال های اخیر استفاده از مواد پلیمری توانسته بسیاری از این گونه مشکلات را حل کند.امروزه تیر ها و کراس آرمها در بسیاری از نقاط دنیا در خطوط توزیع و انتقال کاربرد پیدا کرده اند و نتایج خوبی را نیز نشان داده اند.

تیرهای کامپوزیتی :

از بارزترین مزایای تیر های کامپوزیتی میتوان به موارد زیر اشاره نمود:

مهمترین مزیت تیر های کامپوزیتی وزن پایین آن می باشد.

نصبشان دستی انجام می شود زیرا نسبت به تیر های موجود دیگر سبکتر هستندو نصبشان سریعتر انجام شده و به نیروی انسانی کمی نیاز است. تیر های کامپوزیتی می توانند رنگی تولید شوند بر حسب انتخاب بسیار جذابتر شوند. ضمن اینکه این تیر ها سمی نیستند و کاملا مواد مناسبی برای محیط زیست هستند.شکل(1)تصویری از تیر کامپوزیتی

شکل ۱ – تصویری از تیر کامپوزیتی [٤]

در نمونه ساخته شده شرکت **Shakespeare** وزن**800** پوندی نمونه چوبی به **475** پوند کاهش یافته است. تیر های کامپوزیتی همچنین از سختی بیشتری نسبت به تیر های چوبی برخوردارند. ضمن آنکه در برابر ارتعاشات نیز بسیار مقاوم تر بوده اند و براحتی تنش های دینامیکی را مستهلک می کند. مقایسه فنر های تخت کامپوزیتی با انواع فلزی نشان می دهد که کامپوزیت ها تا **2000000** سیکل نیز خسته نمیشوند ولیکن فلزات تا **1000000** سیکل خسته می شوند لذا برای مقاوم سازی تیر ها در برابر خطراتی مثل زلزله که ایران نیز مستعد وقوع آن میباشد استفاده از تیر های کامپوزیتی گزینه مناسبی محسوب می شود.

هم اینطور تیر های کامپوزیتی مقاومت بیشتری در برابر جرقه دارند. آزمونی که محققان برای اثبات این امر انجام داده اند بر اساس استاندارد **ANSI/IEEE 4-1978** و مرکز تحقیقات شرکت **Gorgia** صورت پذیرفته است .

جدول(1)که در آن نتایج آزمون جرقه بر روی تیرها در آن آمده است.

جدول ۱- نتایج آزمون جرقه برروی تیرهای کامپوزیتی و غیرکامپوزیتی [۵]

Impulse Polarity	Fiberglass Pole Flashover Values (kV)		CCA Pole Flashover Values (kV)	
	Dry	Wet	Dry	Wet
+	1110	944	925	786
-	-950	-948	-1030	-724

تکنولوژی ساخت

تکنولوژی ساخت تیر های کامپوزیتی به حدود 40 سال قبل برمیگردد ولی دو مانع اصلی از تولید انبوه این محصولات شده است. هزینه و عدم مقاومت نسبت به نور UV.

هزینه ی آن مربوط به تکنولوژی نوارپیچ filament winding و هزینه مواد است. البته قابل ذکر است که هزینه تیر های چوبی و عملیات شیمیایی که روی آن انجام می شود بیشتر از این است.

کلید های افزایش عمر تیر های کامپوزیتی را می توان به صورت زیر دسته بندی نمود :

الف- سطح توسط پوشش ضد UV مجهز گردد. برای این امر می توان از پوشش های پورتان با مواد مقاوم نسبت به UV پوشاند.

ب- خود محصول نیز باید شامل رزینتهای توام با مواد مقاوم نسبت به UV باشد.

ساخت تیر های برق کامپوزیتی با استفاده از دو نوع ماتریس و با رزین امکانپذیر می باشد.

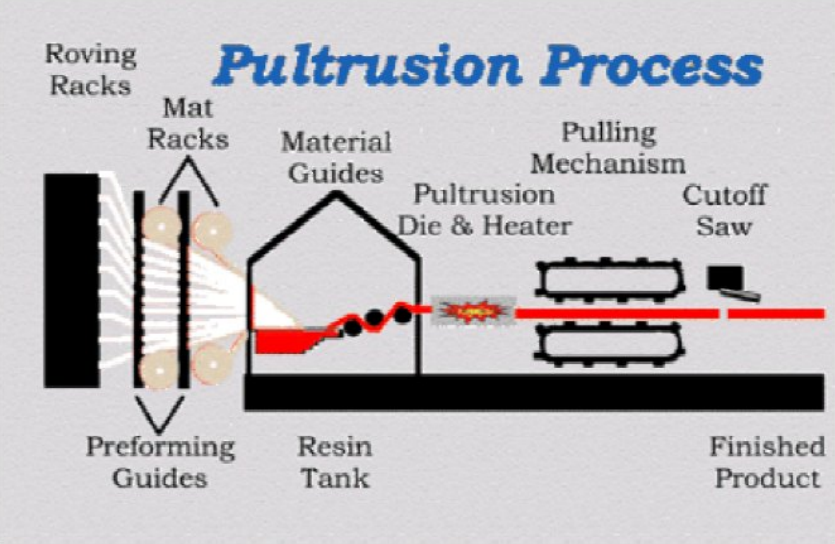
الف- رزینهای گرما سخت:

در این روش معمولا از رزینتهای ترموست مانند اپوکسی ها استفاده می شود. دستگاه رشته پیچی filament winding رایج ترین وسیله ساخت تیر های فوق می باشد .در این روش الیافی مانند الیاف شیشه پس از باز شدن و قرار گرفتن در یک راستا از حمام رزین عبور میکنند و به دور یک ماندرل با زاویه دلخواه پیچیده می شوند ماندرل فوق سپس در آون قرار گرفته و پخت می شود. نهایتا لوله پخت شده از ماندرل جدا میگردد. شاید تنها عیب این روش هزینه نسبتا بالای رزین مصرفی باشد که تولید آن را در مقیاس صنعتی و انبوه مقرون به صرفه نمیکند.

ب- رزینهای گرما نرم :

اساس این روش مانند قبل و بر پایه دستگاه رشته پیچی می باشد. با این تفاوت که ماندرل در اینجا جزئی از تیر لوله مانند و از جنس یک پلیمر مانند پلی اتیلن می باشد. الیاف پس از موازی شدن به جای عبور از حمام رزین به حالت خشک با زاویه ای معین به دور لوله پچیده می شوند.سپس این لوله پلیمری درون یک آون دوار قرار می گیرد . با بالا رفتن دما پلیمر به تدریج نرم شده و الیاف کاملا یکنواخت و همگن در آن نفوذ می کند.

استحکام مکانییکی آن تا حد زیادی افزایش می یابد و در ضمن زیبایی و شکل ظاهری آن حفظ شده و در سختی نسبتا برابر از وزن بسیار کمتری برخوردار می باشد. شکل(2)فرآیند پالتروژن را نسان می دهد.

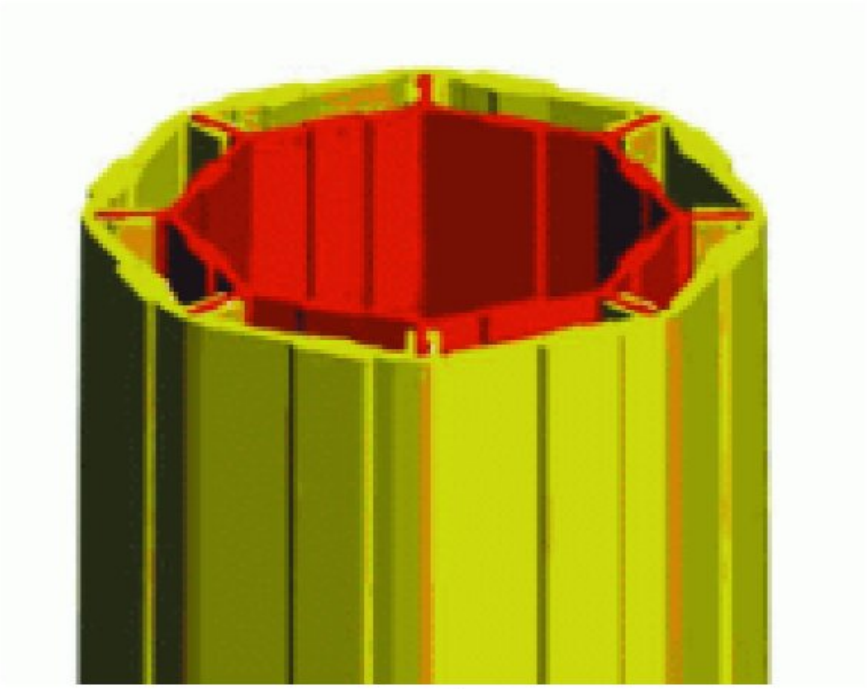


شکل ۲- فرآیند پالتروژن [۷]

نهایتا جهت مضاعف نمودن خواص فیزیکی مکانیکی و شیمیایی این تیر می توان ان را درون آون تحت تابش اشعه قرار داد و زنجیر های پلیمر کراس لینک نمود. چنانچه پلیمر مورد نظر پلی اتیلن باشد میتوان آن را به کراس لینک پلی اتیلن XLPE تبدیل نمود. شکل(3)نمونه آزمایشگاهی سطح مقطع تیر کامپوزیتی را نشان میدهد.

شکل ۳- سطح مقطع نمونه تیر کامپوزیتی [۳]

مهمترین مزیت این روش قبلی پایین آمدن چشمگیر ماده اولیه مصرفی می باشد. از آنجا که در هر دو روش تیر های تولیدی بر خلاف انواع بتنی و چوبی تو خالی می باشند. در استحکام برابر کاهش وزن زیادی از خود نشان می دهند. ضمن آنکه مقاومت شیمیایی آن در شرایط مختلف جوی بیش از انواع رایج می باشد. شکل(4)نوعی طراحی گرافیکی از تیر کامپوزیتی را نشان میدهد.



شکل ٤- نوعی طراحی گرافیکی تیر کامپوزیتی [۲]

کراس آرمهای کامپوزیتی:

کراس آرمهای فولادی مدتهای زیادی است که خطوط انتقال و توزیع به کار می روند در ابتدا کراس آرمهای استفاده شده از نوع چوبی بودند و به مرور زمان به دلیل ایجاد پوسیدگی چوب در محیط های مرطوب و آلوده و عدم داشتن استحکام کافی کراس آرمهای فولادی جایگزین آن شدند. شکل(5)تصویری از کراس آرم کامپوزیتی را نشان میدهد.

شکل ۵- تصویر کراس آرم کامپوزیتی [۸]

نصب و تعویض کراس آرمهای که اثر عوامل محیطی مانند رطوبت آلودگی و ... تخریب شده اند. هزینه های هنگفتی را به صنعت برق تحمیل نموده است. همچنین با توجه به سنگین وزن بودن و در نتیجه نصب مشکل کراس آرمهای فولادی استفاده از این نوع کراس آرمها از لحاظ فنی و اقتصادی مقرون به صرفه نیست.

ساخت قطعات مختلف از مواد کامپوزیت دارای سابقه ای در حدود سه دهه در صنعت برق می باشد. تولید قطعات کامپوزیتی بسیار سبک با سختی و استحکام بالا برای تحمل بار ناشی از خطوط انتقال فشار قوی از جمله مواد بسیار موفق در صنعت برق بوده است.

یکی از قطعات کامپوزیتی بسیار موفق که امروزه به عنوان جایگزین مناسبی در صنعت برق مطرح می باشد ، کراس آرمهای کامپوزیتی می باشند. کراس آرمهای کامپوزیتی با توجه به خواص مناسبی از جمله وزن کم سادگی نصب و حمل و نقل استحکام مکانیکی بالا و مقاومت خوب در محیط های آلوده و مرطوب نه تنها از لحاظ اقتصادی بلکه از نظر زیست محیطی نیز به کراس آرمهای فولادی ارجحیت دارند. همچنین با استفاده از کراس آرمهای کامپوزیتی و در

نتیجه افزایش فاصله خزشی امکان قطع پی در پی برق نیز کاهش می یابد. در برخی کشور ها نیز بر روی طراحی نوع کراس آرمهای کامپوزیتی جهت حذف و یا کاهش طول زنجیره مقره ها صورت پذیرفته است.

بطور کلی می توان بیان نمود که کراس آرمهای فولادی در خطوط هوایی توزیع به کار می روند دارای دو اشکال اساسی زیر هستند :

1-خوردگی و اکسیده شدن فولاد

2-اتصال کوتاه و partial are بین خط و کراس آرم

مشکل خوردگی و اکسیده شدن که در فولاد اتفاق می افتد بخصوص در مناطق گرم و مرطوب بسیار شدید است و سبب کاهش عمر کراس آرم می شود.

در مورد اتصال کوتاه و partial arc نیزکه بین خط و کراس ارم صوذت می گیرد در اثر رطوبت بالا و وجود ذرات رسوب کرده روی مقره تشدید می گردد. لذا در صورت استفاده از کراس آرم کامپوزیتی که دارای مقاومت خوبی در برابر خوردگی و عبور جریان برق می باشد و در عین حال دارای سختی و استحکام مکانیکی بالا و وزن کم باشد می توان تحول بزرگی در صنعت برق ایجاد نمود.

بطور کلی مزایای استفاده از کراس آرم های کامپوزیتی را می توان بصورت زیر بیان کرد :

1-استحکام مکانیکی بالا

2-سبک بودن (50٪ وزن کراس آرم فلزی و 14 ٪ وزن کراس آرم بتنی)

3-سادگی نصب

4-سادگی حمل و نقل

5-صاف و صیقلی بودن سطح

6-مقاومت در برابر جمع شدن آلودگی روس سطح

7-مقاومت خوب در برابر رطوبت و شرایط آب و هوایی

8-مقاومت خوب در برابر میکروارگانیسم ها

در واقع می توان بیان نمود که با ساخت کراس آرمهای کامپوزیتی می توان از خواصی چون سبکی وزن خواص عایقی ضربه پذیری و تغییر شکل فنر خواص مکانیکی فولاد نفوذ ناپذیری پلاستیک و بالاخره تمیزی سیلیکون را بر یکجا و در کنار هم استفاده نمود.

لازم به ذکر است طراحی یک کراس آرم کامپوزیتی کاملا با طراحی کراس آرم های فولادی متفاوت است. بدین منظور که شکل و هندسه کراس ارم های کامپوزیتی را باید بر اساس سختی مکانیکی مورد نیاز برای تحمل بار اعمال شده در جهات مختلف مشخص نمود. مواد تشکیل دهنده کامپوزیت را بایستی به گونه ای انتخاب نمود که در برابر تابش اشعه ماوراء بنفش و همچنین در برابر نفوذ آب باران در هر شرایط آب و هوایی را داشته باشند.

محققان نشان داده اند که استفاده از مواد کامپوزیت از نوع "پلیمر-الیاف" بهترین گزینه جایگزین فولاد در ساخت کراس آرم می باشد.

یک ماده کامپوزیت که ماده زمینه آن پلیمری از خانواده پلیمر های ترموست (مانند پلی استر و یا اپوکسی) بوده و این ماده زمینه بوسیله در صد بالایی (در حدود 50 تا 70 درصد) از رشته های بسیار نازک الیاف صنعتی (نظیر الیاف شیشه با قطری در حدود 10 میکرون) تقویت شده باشد. میتواند دارای مدول الاستیسیته ای در حدود 40 گیگا پاسکال و تنش شکستی در حدود

1000 مگا پاسکال باشد. نوع قرار گرفتن رشته های الیاف در امتداد های مختلف مشخص کننده خواص مکانیکی محصول است.

همچنین به دلیل پایین بودن چگالی پلیمر زمینه (در حدود 1/2 کیلوگرم در لیتر) و چگالی الیاف تقویت کننده(حدود 2/5 کیلوگرم در لیتر) کراس آرم ساخته شده از کامپوزیت دارای وزن کمی نسبت به فولاد خواهد بود. این امر پارامتر بسیار مهمی در سهولت نصب و جابجایی کراس آرم می باشد.

ماذه کامپوزیت دارای ثبات خوبی در تغییرات شدید دما می باشد این امر بدلیل پایین بودن ضریب انبساط حرارتی کامپوزیت است بدین ترتیب حرارتی کمتری در این مواد مشاهده می گردد.

کامپوزیت های با پوشش پلیمری دارای مقاومت خوبی در برابر رطوبت میکروارگانیسم ها و همچنین جمع شدن آلودگی بر روی سطح می باشد.

قیمت تمام شده کراس آرم کامپوزیتی بیشتر از کراس آرم فولادی است. اما با توجه به افزایش قابل توجه طول عمر کراس آرم کامپوزیتی و کاهش هزینه های تعویض و تعمیر کراس آرم می توان گفت که ساخت کراس آرم کامپوزیتی کاملا مقرون به صرفه می باشد.

5-نتیجه گیری نهایی :

با توجه به مطالب عنوان شده می توان نتیجه گیری نمود که :

1- تیر های کامپوزیتی با توجه به خواصی چون کاهش وزن سازگاری با محیط زیست مقاومت در برابر رطوبت و خوردگی و جرفه و همچنین طول عمر بالاتر نسبت به تیر های چوبی و بتنی و فولادی بهترین گزینه است.

2-جهت ساخت تیر های کامپوزیتی می توان از دو رزین گرما سخت و گرما نرم و از روش پالتروژن استفاده نمود.

3-در مناطق جنگلی و مناطق مرطوب و آلوده تنها گزینه قابل انتخاب به دلیل سک بودن تیر های کامپوزیتی می باشند.

4-در برابر خطراتی چون زلزله که ایران نیز مستعد وقوع آن می باشد استفاده از تیر کامپوزیتی به دلیل مقاومت خوب در برابر ارتعاشات و مستهلک نمودن تنش های دینامیکی گزینه مناسبی محسوب می شود.

5-کراس آرم های کامپوزیتی به دلایل استحکام مکانیکی بالا سبکی مقاومت در برابر خوردگی قابلیت نصب آسان و بالاخره آبگریزی مناسب دارای عمر مصرف بیشتر به خصوص در مناطق آلوده و مرطوب می باشد.

6-اگر چه قیمت تمام شده کراس آرم کامپوزیتی بیشتر از کذاس آرم های فولادی است ولیکن با توجه به افزایش طول عمر کراس آرم کامپوزیتی و کاهش هزینه های تعویض و تعمیر آنها می توان بیان نمود که ساخت کراس آرم کامپوزیتی کاملا مقرون به صرفه است.

در صورتی که شما هم پروژه یا مقاله و یا مطلبی دارید
می توانید آن را برای آدرس prj@bargh20.com ارسال نمایید تا با نام شما در سایت bargh20.com قرار گیرد .

توجه : کاربرانی که برای سایت bargh20.com مطلبی پست می کنند و مطلب آنها مورد تایید قرار می گیرد و در سایت گذاشته می شود از طرف سایت به آنها هدیه ای تقدیم می شود .

هدایا : ۱ گیگا بایت فضا یا یک ایمیل با پسوندyou@bargh20.com که به انتخاب کاربر یکی از این دو گزینه به ایشان اعطا خواهد شد