

مقدمه :

خطوط شبکه توزیع برق یکی از مراحل رسیدن برق از تولید به مصرف کننده است که طراحی اصولی آن موجب پایداری شبکه و جلوگیری از تحمل هزینه اضافی می شود.

پایه برق در صنعت توزیع برق جهان و نیز کشورمان ایران کاربردهای زیادی دارد و با استفاده از مواد مختلفی ساخته می شود. پایه برق در گذشته از مواد سنتی مانند چوب ، بتن و فولاد ساخته می شد. **پایه های کامپوزیت** نوع تقریباً جدیدی از پایه های برق است که به دلیل مزایای زیادی که نسبت به پایه های سنتی دارد در صنعت برق کشور بسیار مورد توجه قرار گرفته است. **محصولات کامپوزیتی** به دلیل عایق الکتریسیته و حرارت، سبکی، مقاومت به خوردگی بالا و ... در صنعت برق به طور گسترده بکار میروند.

کاربردهای پایه برق در صنعت برق:

-کراس آرم کامپوزیتی

-سینی کابل کامپوزیتی

-مقره های کامپوزیتی

-پایه های روشنایی و دکل و یا پایه های انتقال برق کامپوزیتی

- پایه های روشنایی کامپوزیتی

- بازوهای عرضی کامپوزیتی

- تونل تاسیساتی و لوله های عبور کابل کامپوزیتی

خصوصیات پایه برق

پایه برق ستونی است که برای نگهداری **خطوط انتقال هوایی**، کابل برق فیبر نوری و تجهیزات مرتبط مانند ترانسفورماتورها و چراغ های خیابان بکار می رود و بر اساس کاربرد آن به نام های ستون برق و ستون تلفن هم شناخته می شود. مقطع پایه ها معمولاً از پایین به بالا به طور یکنواخت باریک می شود (بین ۱۰ تا ۲۰ میلی متر در هر متر). پایه های که به روش سنتی ساخته می شوند (فلزی- چوبی- بتنی) روی پایه ها سوراخ های به قطر ۲۰ میلی متر جهت نصب لوازم خطوط انتقال هوایی و همچنین فراهم آوردن مکان بالا رفتن پایه در نظر گرفته می شود. این در حالی است که در روش تولید پایه های کامپوزیتی هیچگونه سوراخی روی بدنه پایه انجام نمی شود و برای بالا رفتن از پایه از حلقه های خاصی که رکاب نام دارد استفاده می شود.

پایه برق کامپوزیت

بکارگیری **پایه های کامپوزیتی** موضوع جدیدی در خدمات برق رسانی نیست. در دنیای امروز که تقاضا برای انرژی برق هر روز بیشتر از قبل احساس می شود، **پایه های برق** ساخته شده از مواد کامپوزیتی دارای کارایی و طول عمر بیشتر نسبت به محصولات مشابه با مواد سنتی است و این امر سبب محبوبیت زیاد **پایه های برق کامپوزیتی** گردیده است و در واقع بهترین نوع پایه برق بشمار می آید.

پایه های کامپوزیتی با بیشترین ممان اینرسی، بهترین جایگزین برای پایه های فولادی، چوبی و بتنی در خطوط انتقال برق است. شرکت های خدمات برق رسانی در حال کشف برترهای پایه کامپوزیت نسبت به پایه های ساخته شده از مواد سنتی هستند.

پایه های کامپوزیتی سبک، محکم و دارای ویژگی های هدایتی خیلی کمی هستند. این پایه ها در برابر خوردگی، پوسیدگی پرتوهای فرابنفش، نفوذ آب، حشرات و مورخانه ها هم مقاومت بسیار بالای دارند.

مواد اولیه و خصلت کامپوزیت

پایه برق کامپوزیتی از رزین های گرما سخت تقویت شده با الیاف شیشه به نحوی طراحی و ساخته می شود که یکپارچگی سازی آنها با انواع فولادی و آلومینیومی رقابت می کند با این تفاوت که مشکلات خوردگی، سنگینی و هدایت الکتریکی آنها را ندارند. این محصولات در برابر نمک ها، اسیدها، قلیاها و محدوده وسیعی از محیط ها و مواد شیمیایی خورنده که بر آلومینیوم، فولاد و گالوانیزه اثرات شدیدی دارند مقاومند. حتی محصولات آلومینیومی و فولاد پوشش داده شده نیز ممکن است به علت خراش های کوچک ایجاد شده حین نصب یا پس از آن در معرض آسیب باشند.

محصولات کامپوزیتی در مقایسه با فولاد، آلومینیوم، دارای نسبت استحکام به وزن بسیار بالا هستند در حالی که یکپارچگی سازه ای مشابهی با آنها دارند.

پروژه های انجام شده با پایه برق کامپوزیتی در جهان

شرکت آمریکایی **بریستول تنسی الکتریک سیستم** اخیراً ۱۴۴ پایه کامپوزیتی را در دو خط انتقال نصب کرده است. شرکت استرانگ ول واقع در ایالت ویرجینیا پایه های کامپوزیت پالتروود شده SE ۲۸ را با بیشترین ظرفیت ممان اینرسی طراحی و برای جایگزینی پایه های چوبی، فولادی و بتنی در خطوط انتقال برق تولید کرده است.

شرکت های خدمات برق رسانی در حال کشف برتری های پایه های کامپوزیتی، نسبت به پایه های ساخته شده از مواد سنتی هستند. پایه های SE ۲۸ شرکت استرانگ ول، سبک، محکم و دارای ویژگی های هدایتی خیلی کمی هستند. این پایه ها 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، پایه های کامپوزیتی SE ۲۸، در مقایسه با پایه های چوبی، فلزی و بتنی با گذشت زمان استحکامشان را از دست نمی دهند و تقریباً به هیچ گونه ترمیم و تعمیراتی احتیاج ندارند. او هم چنین به ویژگی های الکتریکی **پایه های کامپوزیتی** و تحمل ضربه و بار ناشی از بادهای شدید توسط آن ها اشاره می کند. در بزرگترین پروژه مهندسی انجام شده با سرمایه خصوصی، تونلی که بریتانیا را به اروپا متصل می کند، بیش از ۶۳ هزار تن FRP پالتروود شده، ۱۲۶۰ 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 ۲۵ کیلو ولتی تأمین کننده انرژی قطار نیز با این کامپوزیت های پالتروود شده حمل می شوند.

تکنولوژی ساخت پایه کامپوزیت

تکنولوژی ساخت پای های کامپوزیتی به حدود ۴۰ سال قبل بر می گردد اما دو مانع اصلی از تولید صنعتی این محصول شده است. یکی هزینه و دیگری عدم مقاومت نسبت به نور UV. هزینه تولید پایه کامپوزیتی مربوط به تکنولوژی نواریچ winding filament و هزینه مواد اولیه می باشد. البته قابل ذکر است که هزینه پایه های چوبی و عملیات شیمیایی که روی آن انجام می شود بیشتر از این است. پارامتر افزایش عمر پایه های کامپوزیتی را می توان به صورت زیر تقسیم بندی نمود

الف - سطح محصول توسط پوشش ضد UV مجهز گردد.

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

مهمترین مزیت پایه های کامپوزیتی نسبت به انواع چوبی و بتنی، تو خالی بودن آن است که سبب پایین آمدن چشمگیر ماده اولیه مصرفی می شود. ضمناً مقاومت شیمیایی پایه های کامپوزیت در شرایط مختلف جوی بیش از انواع رایج می باشد. محققان نشان داده اند که استفاده از مواد کامپوزیت از نوع (پلیمر-الیاف) بهترین گزینه جهت جایگزینی پایه های کامپوزیتی به جای پایه های فولادی است. یک ماده کامپوزیت که ماده زمینه ای آن پلیمری از خانواده پلیمرهای ترموست (مانند پلی استر یا اپوکسی) بوده و این ماده زمینه بوسیله درصد بالای (در حدود ۵۰ تا ۷۰ درصد) از رشته های بسیار نازک الیاف صنعتی (نظیر الیاف شیشه با قطری در حدود ۱۰ میکرون) تقویت شده باشد، میتواند دارای مدول الاستیسیته در حدود ۴۰ گیگا پاسکال و تنش شکستگی در حدود ۱۰۰۰ مگا پاسکال باشد. نوع قرار گرفتن رشته های الیاف در امتدادهای مختلف مشخص کننده خواص مکانیکی محصول است. همچنین به دلیل پایین بودن چگالی پلیمر زمینه (در حدود ۱/۲ کیلوگرم در لیتر) و چگالی الیاف تقویت کننده (حدود ۲/۵ کیلوگرم در لیتر) پایه های برق ساخته شده از کامپوزیت دارای وزن کمی نسبت به فولاد خواهد بود. این امر پارامتر بسیار مهمی در سهولت نصب و جابه جایی پایه برق می باشد. ضمناً ماده کامپوزیت دارای ثبات خوبی در تغییرات شدید دما می باشد که این امر به دلیل پایین بودن ضریب انبساط حرارتی کامپوزیت است. همچنین کامپوزیت با پوشش پلیمری دارای مقاومت خوبی در برابر رطوبت میکرواگاسم ها و همچنین جمع شدن آلودگی بر روی سطح می باشد.

اجرای پایه برق کامپوزیت

نکته مهم: معمولاً پایه های برق کامپوزیت را مستقیماً در خاک دفن می کنند که ضمن عملکرد خوب هزینه کمی دارد. طولی از پایه که در زیر خاک قرار می گیرد بستگی به مقاومت جانبی خاک دارد ولی به عنوان یک قانون تجربی عمق فنداسیون را برابر ۱۰٪ طول پایه به علاوه ۶۰ سانتیمتر در نظر میگیرند با این وجود کیفیت مصالح پر کننده و درجه تراکم آنها در مقاومت فونداسون بسیار مهم است. هزینه رشد و تقاضای جهانی برای انرژی برق فرصت های جدیدی را برای کامپوزیتهای مقاوم به خوردگی ایجاد کرده است که استفاده گسترده از کامپوزیتها در این امر میتواند به کاهش هزینه ها و افزایش قابلیت ها منجر شود.

پایه های کامپوزیتی پایه پلیمر انتخاب بسیار جذابی برای اغلب شرکت های خدماتی برق رسانی جهت جایگزینی با پایه های چوبی، پایه های فولادی و پایه های بتنی هستند. این پایه ها در برابر خوردگی، پوسیدگی، پرتو فرابنفش، نفوذ آب، حشرات و دارکوب مقاومت بسیار بالای دارند. از آنجا که بتن ماده ای فراوان و ارزان قیمت به شمار می رود قیمت اولیه محصولات سنتی نسبت به محصولات جدید کمتر است. اما با در نظر گرفتن همه پارامترها همچون دشواری و هزینه های بالای حمل و نقل، نصب پایه های بتنی و همچنین مقاومت بالای پایه های کامپوزیتی در برابر حملات خوردگی، پوسیدگی و ضربه که نهایتاً به عمر مفید بسیار طولانی این پایه ها منجر می شود، میتوان دریافت که استفاده از پایه برق کامپوزیتی به مراتب از پایه بتنی راحتتر و به صرفه تر است.

مزیت پایه های کامپوزیتی نسبت به پایه های بتنی

پایه های بتنی از پایه های پر کاربرد در شبکه توزیع برق است که از ترکیبات سازنده مختلفی تشکیل شده است و در آب و هوای گوناگون مقاومت متفاوتی از خود نشان می دهند که در بسیاری از موارد شاهد خوردگی آنها هستیم. پایه های بتنی در شرایط عادی مقاومت قابل قبولی در برابر فرسودگی و تخریب دارند. اما تخریب و فرسودگی پایه های بتنی اساساً از آلودگی محیط اعم از آب و خاک است که با نفوذ به داخل بتن به سمت بالا به دلیل خاصیت موئینگی سبب زنگ زدگی و خوردگی میله گردها شده و در اثر انبساط، آرماتورها نمایان شده و بتن پایه کاملاً جدا و کنده می شود. هر گونه ترک سطحی روی پایه در اثر دمای بالای محیط حمل نامناسب، دپوی غیر استاندارد و یا بادهای گرم هنگام بتن ریزی پایه ها سبب تسریع در تبخیر

آب و ایجاد ترک های سطحی می شود. بعد از ترک پایه راه نفوذ رطوبت و آلودگی ایجاد شده که در نهایت زنگ زدگی میلگرد را باعث می شود.

ترکیبات سولفات و کلر از مهمترین عوامل خوردگی سیمان بتن هستند که این ترکیبات در مواجهه با رطوبت هوا تاثیر بیشتری داشته وجود بادهای گرم خوردگی را تشدید می کند و سبب آسیب به پایه برق می شود. خوردگی میلگردهای موجود در پایه های بتنی معضل بزرگی برای سازه های بتنی در مناطق مرطوب همانند سازه های دریایی ، اسکله ها و تاسیسات نیروگاهی در مجاورت دریا است، چرا که باعث حمله نمکی به میلگرد ها و خوردگی آن ها می شود و این شکل سالانه هزینه سنگینی را بر صنایع مختلف تحمیل می کند. این در حالی است که پایه های کامپوزیتی به علت مقاومت در برابر خوردگی و پوسیدگی، نفوذ آب و حشرات و موربانه ها مقاومت بسیار بالای دارند. ضمناً، میله گردهای کامپوزیت پلیمری دارای ویژگی های خاصی بوده که آن ها را به عنوان تقویت کننده برای سازه های بتنی مطرح می کند. این میله ها در برابر یون کلرید مقاوم بوده، استحکام کششی آنها نسبت به فولاد ۱/۵ تا ۲ برابر بیشتر و وزن آن یک چهارم فولاد است. خاطر نشان میگردد. پایه های برق بر اساس اقلیم هر منطقه ساخته می شود.



پایه شبکه روشنایی مدیریت برق قشم واقع در بلوار آزادگان جزیره قشم به تعداد ۱۵۰ دستگاه که از نوع کامپوزیت می باشد، محصول جدیدی در خدمات برق رسانی (در جهان) نیست، این پایه های برق کامپوزیتی با یک سوم وزن پایه های چوبی، نصف وزن پایه های فولادی و تنها یک دهم وزن پایه های بتنی، انتخاب بسیار جذابی برای اغلب شرکت های خدماتی برق رسانی هستند. مقاومت بالا شرکت مسن انرژی قشم ، در برابر خوردگی، پوسیدگی، پرتوهای فرابنفش، نفوذ آب، حشرات و دارکوب ها و همچنین عایق بودن، خود رنگ بودن، عدم خود اشتعالی، مقاومت بالا، وزن کم و استفاده در مکان های صعب العبور از مزایای پایه های برق و روشنایی کامپوزیت است.

شبکه روشنایی جزیره قشم با پایه کمپوزیت ۹ متری

با در نظر گرفتن همه پارامترها همچون دشواری و هزینه بالای حمل و نقل و نصب پایه بتنی، فولادی و همچنین مقاومت بالای پایه های کامپوزیت در برابر حملات خوردگی، پوسیدگی و ضربه که نهایتاً به عمر مفید بسیار طولانی این پایه ها منجر می شود، می توان نتیجه گرفت که استفاده از یک پایه کامپوزیتی به مراتب از یک پایه بتنی راحت تر و به صرفه تر است.

حدود ۲۰ سال می باشد که از پایه برق کامپوزیت در شبکه های توزیع و انتقال برق استفاده می شود. این مواد در ساخت قطعات گوناگون صنعت برق از جمله پایه های انتقال برق، پایه های روشنایی، بازوهای عرضی، تونل های تأسیساتی و لوله های عبور کابل بکار می روند.

مزایای پایه برق و روشنایی کامپوزیت:

- مقاوم در برابر خوردگی و مواد شیمیایی
- پایه برق کامپوزیت سبکتر از فولاد، بتن، چوب است، در نتیجه کاهش هزینه های انتقال و اجرا را دارند.
- استحکام مکانیکی بالا
- امکان تولید پایه برق کامپوزیت، بر اساس رنگ و طرح درخواستی
- تردی و استحکام پایه کامپوزیت، که باعث کمترین تغییر شکل نسبت به سایر پایه ها می شود
- عایق الکتریکی (در آزمایشگاه بازا هر ۲ سانتی متر تا ۴۴ کیلوولت تست عایقی فشارقوی انجام شده است)
- هزینه نصب پایین پایه کامپوزیت
- بدون تعمیر و نگهداری (۱۰ سال گارانتی رنگ و پنجاه سال گارانتی عمر)
- مقاومت در برابر لرزش های زمین
- انعطاف پذیری
- مقاوم در برابر آتش سوزی
- مقاوم در برابر نور خورشید (حاوی مواد آنتی UV)
- کاهش احتمال حوادث جانی در هنگام برخورد خودرو به پایه برق.

به منظور حمل و نقل آسان بخصوص برای طول های بیش از ۱۲ متر پایه های برق کامپوزیت را می توان به روش تلسکوپی تولید نمود.

کاربرد پایه های کامپوزیت :

پایه برق و روشنایی خیابان

- پایه چراغ راهنمایی و رانندگی

- پایه تابلوهای راهنمایی و رانندگی
- پایه چراغ در کارخانه‌های مواد شیمیایی
- پایه چراغ در پارک‌ها، پارکینگ‌ها، اماکن و.....
- پایه تابلو تبلیغاتی
- پایه پرچم
- پایه ها و دکل‌های انتقال خطوط تلفن و برق و بسیاری موارد و کاربری دیگر

پایه برق و روشنایی کامپوزیت با شرایط زیر سازگارند:

- محدوده دمایی ۴۰- تا ۷۰ درجه سانتی گراد
- رطوبت ۱۰۰ درجه
- سرعت باد ۳۹۵ km/h
- پاشش مداوم آب نمک و حتی غوطه‌وری در آن (آب دریا)
- نصب آسان
- حداقل تعمیرات
- هزینه کلی
- مقاومت در برابر بارگذاری استاتیک کابل‌ها

پایه برق و روشنایی کامپوزیت مناسب ترین گزینه برای جایگزینی با محصولات رایج سنتی که با مشکلات جدی خوردگی

مواجه می‌شوند می‌باشد.



دفع مستقیم پایه کامپوزیت روشنایی در جزیره قشم بدون استفاده

از فوندانسیون و تایید کارائی پس از ده سال نصب و بهره برداری

مشخصه	تیر سیمانی	تیر چوبی	تیر فلزی	تیر کامپوزیت
وزن	بسیار سنگین (نسبت ۱۰)	سبک (نسبت ۱)	سنگین (نسبت ۳)	سبک (نسبت ۱)
مقاومت در برابر خوردگی	پایین (به دلیل خوردگی بتن و مفتول‌های فلزی)	پایین (به دلیل حملات حشرات موزی)	پایین (به دلیل از بین رفتن پوشش ظاهری و اکسید شدن فلز)	بسیار بالا
انعطاف پذیری (مقاومت در برابر زلزله و باد)	آسیب پذیر (به دلیل عدم تحمل بار برف و برگشت پذیری)	آسیب پذیر (به حالت اولیه)	خوب	بسیار خوب
عایق الکتریکی	نسبتاً کم	خوب (در حالت خشک)	بسیار کم	خوب
هزینه حمل و نقل	زیاد	کم	زیاد	کم
استفاده در مناطق صعب‌العبور	بسیار سخت	آسان	سخت	آسان
مقاومت در برابر اشتعال	خوب	بسیار کم	بسیار خوب	خوب
استحکام مکانیکی (مقاومت در برابر عوامل طبیعی)	خوب	کم	خوب	خوب
مقاومت در برابر نور خورشید	خوب	کم	خوب (اما مقاومت انواع پوشش کم است)	بسیار خوب
زیبایی	کم (غیر قابل فرم دهی و رنگ پذیری پایین)	کم (غیر قابل فرم دهی و رنگ پذیری پایین)	خوب	خوب
اتلاف انرژی از طریق تیر	زیاد	بسیار زیاد (در حالت خیس)	زیاد	بسیار کم
خطرات ناشی از اتصال الکتریکی	زیاد	بسیار زیاد (در حالت خیس)	زیاد	بسیار کم
خطرات جانی ناشی از برخورد وسایل نقلیه	بسیار زیاد	کم	زیاد	کم
هزینه های تعمیرات، نگهداری و تعویض	بسیار زیاد	زیاد	زیاد	کم
قیمت (در دراز مدت)	متوسط	بالا	بالا	متناسب



استفاده از پایه کامپوزیت برای انتقال برق در سواحل ، دریا و بستر رودخانه ها