فصل اول

بخش اول

مقدمه

مقره[1]ها (عایق‌های الکتریکی) یکی از اجزای مهم در سیستم های فشار قوی مثل خطوط انتقال و ایستگاه‌های توزیع برق است (شکل ۱,۱). به منظور کسب مهارت های الکتریکی در میدان های فشار قوی، مطالعه و استفاده از علوم کاربردی ضروری است [۱]. شکل مقره‌ها بر حسب ولتاژ مورد استفاده و شرایط محیطی از نظر آلودگی و رطوبت، متفاوت است.

MSRGroup

شکل **Error! No text of specified style in document.**۱- مقره سرامیکی بر روی دکل فشار قوی

وظایف مقره‌ها در شبکه ها را می توان به صورت زیر بیان نمود:

[1] Insulator

شرکت دانش بنیان مهندسین مشاور میراب صنعت راستین پردیس
WWW.MSRPCO.com
تلفن: بوشهر ۰۷۷-۳۳۴۴۳۶۸۰، شیراز ۰۷۱-۳۶۳۱۲۱۰۳ همراه: ۰۹۱۷۱۱۳۴۱۶۳
Email: Info@msrpco.com

۱. تحمل وزن هادی های خطوط انتقال و توزیع برای نگهداری سیم های هوایی روی پایه ها و دکل ها در بدترین شرایط (یعنی موقعی که ضخامت یخ و برف تشکیل شده روی سیم ها در حداکثر مقدار باشد) را داشته باشد و اصولاً باید بتوانند بیشترین نیروهای مکانیکی وارد شده بر آن ها را تحمل کنند.

۲. عایق‌بندی هادی‌ها و زمین و بین هادی‌ها با یکدیگر به عهده مقره است. یعنی مقره ها باید از استقامت الکتریکی کافی برخوردار باشند تا بتوانند بین فازهای شبکه و دکل ها که متصل به زمین هستند عایق سازی کافی برای تحمل ولتاژ فازها را داشته باشند. استقامت الکتریکی آن ها باید در حدی باشد که در بدترین شرایط (یعنی در حضور رطوبت ، باران ، آلودگی و بروز صاعقه با ولتاژ بالا) دچار شکست و نشت الکتریکی نشوند.

بنابراین مقره ها باید دارای خصوصیات زیر باشند :

۱. استقامت الکتریکی بالا.

۲. استقامت مکانیکی بالا.

۳. عاری از ناخالصی و حفره های داخلی.

۴. استقامت در برابر تغییرات درجه حرارت و عدم تغییر شکل در اثر تغییر دما (با توجه به ضریب انبساط حرارتی که بایستی کم باشد).

۵. ضریب اطمینان بالا.

۶. ضریب تلفات عایقی کم.

۷. در برابر نفوذ آب و آلودگی ها مقاوم باشد [۲،۳].

MSRP group

شرکت دانش بنیان مهندسین مشاور میراب صنعت راستین پردیس WWW.MSRPCO.com
تلفن: بوشهر ۳۳۴۴۳۶۸۰-۰۷۷، شیراز ۳۶۳۱۲۱۰۳-۰۷۱ همراه: ۰۹۱۷۱۱۳۴۱۶۳ Email: Info@msrpco.com

تاریخچه

در گذشته مقره‌ها را از مواد سرامیکی و شیشه‌ای می‌ساختند. اما در سال ۱۹۶۳ مقره‌های پلیمری گسترش یافته و بهبود آن‌ها در طراحی و تولید در سال‌های اخیر، آن‌ها را برای مصرف بیشتر مورد توجه قرار داد. مقره‌های پلیمری شامل میله‌های فیبر شیشه‌ای با پوشش محافظ در مقابل هوازدگی پلیمری، مثل لاستیک سیلیکونی، پلی ترا فلوئور اتیلن، اتیلن پروپیلن دین مونومر (EPDM) و end fitting فلزی می باشد؛ که به آنها مقره‌های کامپوزیتی می گویند. این بدین معنی است که مقره حداقل از ۲ قسمت هسته و محافظ به همراه end fitting تشکیل شده است.

مقره‌های پلیمری دارای مزیت های زیادی نسبت به مقره‌های شیشه ای و سرامیکی مثل عملکرد خوب در محیط های آلوده، وزن کم، حمل و نگهداری آسان و با هزینه کم می باشند. این نوع از مقره‌ها به دلیل این خواص شهرت یافته و سبب جایگزینی آن به جای مقره‌های شیشه ای و سرامیکی شده است.

اولین پلیمر مورد استفاده به عنوان عایق الکتریکی، رزین اپوکسی بیسفنول و سیکلوآلیفاتیک بود. در سال ۱۹۴۰ رزین اپوکسی بیسفنول اولین پلیمر مورد استفاده به عنوان عایق بوده که هنوز برای ساخت مقره‌های الکتریکی در کاربردهای داخلی و خارجی استفاده می شود. اپوکسی سایکلولیفاتیک (CE) در سال ۱۹۵۷ معرفی شدند. آنها از بیسفنول ممتازتر بودند، چون مقاومت بیشتری به تشکیل کربن داشتند. اگرچه اولین عایق های CE به مدت کوتاهی بعد از نصب در محیط بیرون تخریب می شدند. بعد از آن CE های جدیدی تولید شده که سبب بهبود عملکردهای الکتریکی گردید.

در اوایل ۱۹۶۰ مقره‌هایی از نوع توزیعی CE در آمریکا با نام GEPOL فروخته شدند. این مقره‌ها بر اساس آسیب های سطحی و سوراخ شدن از بین رفتند. عایق های معلق TDL به عنوان غلاف شیبدار برای شستشوی طبیعی آلودگی ها بکار می روند. در اواسط ۱۹۶۰ مقره‌های CE تا ولتاژ سرویس ۴۰۰ KV به عنوان مقره معلق/ کرنشی در انگلستان تست شدند.

شرکت دانش بنیان مهندسین مشاور میراب صنعت راستین پردیس
WWW.MSRPCO.com
تلفن: بوشهر ۳۳۴۴۳۶۸۰-۰۷۷، شیراز ۳۶۳۱۲۱۰۳-۰۷۱ همراه: ۰۹۱۷۱۱۳۴۱۶۳
Email: Info@msrpco.com
MSRP group

به دلایل مختلفی مثل عدم کارآیی در دمای پایین و کاهش وزن ناکافی، CE مقبولیتی در آمریکا به عنوان مقره معلق خارجی با ولتاژ بالا بدست نیاورد. اما امروزه CE بصورت گسترده ای در سیستم های قدرت درونی و حتی شبه درونی بکار می روند. مقره‌های پلیمری بیرونی برای خطوط انتقال در اوایل ۱۹۶۴ در آلمان و توسط سایر تولیدکنندگان در انگلیس، فرانسه، ایتالیا و آمریکا گسترش یافت.

در آلمان واحدهای تست میدانی در سال ۱۹۶۷ ایجاد شدند. در اواخر ۱۹۶۰ و اوایل ۱۹۷۰، تولیدکنندگان اولین نسل مقره‌های خط انتقال پلیمری را معرفی کردند. تعداد زیادی از تجهیزات آزمایش با اولین مقره‌های کامپوزیتی تولیدی در قبل از سال ۱۹۸۰ شروع بکار شدند. بر اساس گزارشاتی مبتنی بر تخریب، برخی تولیدکنندگان تولید واحدهای ولتاژ بالا را متوقف کرده و سایرین تحقیقات فشرده و موثری را آغاز کردند؛ که سبب تولید نسل دوم مقره‌های خط انتقال کامپوزیتی گردید و دارای Tracking بدون غلاف، مقاومت تاج بهتر و end fitting بدون لغزش بود [۷-۱،۴].

بخش دوم

جنس مقره‌ها

مقره های مورد استفاده در صنعت برق به دو دسته عمده مقره های پرسلانی و مقره های پلیمری تقسیم می شوند. مقره های پرسلانی (سرامیکی) کاربرد بسیار وسیعی در خطوط انتقال برق داشته و تاریخچه استفاده از آنها به بیش از ۱۰۰ سال می رسد [۸].

مقره‌های چینی یا پرسلانی:

مقره‌های چینی از سه ماده مختلف تشکیل شده است :

۱. کائولین یا خاک چینی Al_2O_3-$2SiO_2$-$2H_2O$ به مقدار ۴۰ تا ۵۰ درصد.

۲. سیلیکات آلومینیوم (فلداسپار) K_2O-Al_2O_3-$6SiO_2$ به مقدار ۲۵ تا ۳۰ درصد.

شرکت دانش بنیان مهندسین مشاور میراب صنعت راستین پردیس WWW.MSRPCO.com
تلفن: بوشهر ۳۳۴۴۳۶۸۰-۰۷۷، شیراز ۳۶۳۱۲۱۰۳-۰۷۱ همراه: ۰۹۱۷۱۱۳۴۱۶۳ Email: Info@msrpco.com

MSRP group

۳. خاک کوارتز SiO_2 به مقدار حداکثر ۲۵ درصد.

این سه ترکیب به ترتیب برای بالا بردن استقامت حرارتی، الکتریکی و مکانیکی مقره به کار می‌روند. به عبارت دیگر خواص الکتریکی، مکانیکی و حرارتی چینی بستگی به درصد فراوانی این سه جزء دارد. هر چه فلداسپار بیشتر باشد استقامت الکتریکی آن زیادتر می‌شود و هر چه مقدار کوارتز بیشتر شود، استقامت مکانیکی آن بیشتر شده و با افزایش کائولین، استقامت حرارتی آن بیشتر می‌شود.

برای تهیه چینی، مواد فوق را با کمی آب خالص مخلوط می کنند تا به صورت گل و خمیر در آید. سپس این گل را در قالب های معینی شکل داده و در کوره حرارت می دهند تا پخته شود و رطوبت آن نیز گرفته شود. البته قبل از قالب گیری، درصد رطوبت گل را پایین می آورند و تحت خلاء آن را پرس می کنند، پس از ریخته شدن آن را سرد می کنند. ولی سرد کردن آن به طور ناگهانی انجام نمی شود و با ملایمت این کار صورت می گیرد، تا ترکی در آن ایجاد نشود. پس از این مرحله یک لایه لعاب شیشه ای بر روی آن می ریزند تا سطح آن کاملاً خالی از وجود حباب‌ها و ترک‌های مویین گردد. لعاب شیشه‌ای علاوه بر افزایش استقامت مکانیکی مقره قدرت چسبندگی گرد و غبار و نفوذ گرد و غبار و رطوبت را کاهش می دهد. همچنین باعث ایجاد یک سطح کاملاً صاف می شود که باعث افزایش مقاومت سطحی عایق می شود [۸].

درجه حرارت پختن در کوره نیز در تعیین استقامت الکتریکی و مکانیکی مقره چینی مؤثر است که هر چه در درجه حرارت بالاتری قرار داده شود ، حباب‌های هوا در آن کمتر به وجود می آیند و استقامت الکتریکی آن زیاد می شود اما در عوض عایق خیلی ترد و شکننده می شود و هرچه درجه حرارت پختن در کوره کمتر شود استقامت مکانیکی آن بیشتر می شود، ولی حفره های بیشتری در آن باقی می ماند و استقامت الکتریکی آن بیشتر می شود ولی حفره های بیشتری در آن باقی می ماند و استقامت الکتریکی آن کاهش می یابد. معمولاً درجه حرارت پخت در کوره را بین ۱۲۰۰ تا ۱۵۰۰ درجه نگه می‌دارند.

شرکت دانش بنیان مهندسین مشاور میراب صنعت راستین پردیس
WWW.MSRPCO.com
تلفن: بوشهر ۰۷۷-۳۳۴۴۳۶۸۰، شیراز ۰۷۱-۳۶۳۱۲۱۰۳ همراه: ۰۹۱۷۱۱۳۴۱۶۳
Email: Info@msrpco.com

MSRP group

از مقره های پرسلانی به علت مقاومت شیمیایی بسیار زیاد و حساسیت کم به aging یا پیری به شکل گسترده ای استفاده می شود. سطح مقره های پرسلانی به راحتی تر شده و دچار نشتی یا Flash over می شود. مقره های پلیمری ذاتاً از نوع مواد آلی بوده و به میزان ۳ دهه وارد صنعت مقره سازی شده اند. این نوع از مقره ها ذاتاً آب گریز بوده اما به پیری حساسیت زیادی دارد. مقره های پرسلانی سنگین وزن تراز مقره های پلیمری می باشند و به دلیل تردی بسیار زیاد در حین محل می شکنند و در محیط آلوده به سرعت نشتی می دهند. پیوند این مواد یونی بوده و از نظر ساختار اتمی بسیار فشرده هستند. به همین دلیل تحت تنش یا در اثر محیط تجزیه نشده و پیر نمی شوند. شکل ۱,۲ چند نوع از مقره‌های پرسلانی را نشان می‌دهد.

شکل Error! No text of specified style in document.۲- برخی از مقره‌های چینی

پیری[1] عبارت است از تغییر هر نوع خاصیتی از ماده به مرور زمان که از مهم ترین فاکتورهایی که باعث ایجاد پیری در مقره ها شوند، می توان به پرتو uv ، رطوبت محیط و محیط خورنده اشاره کرد.

به دلیل ماهیت ترد مواد پرسلانی استحکام آن ها بالا بوده و برای تحمل نیروهای کششی، فشاری و محوری قابل استفاده است.

۱- مزایا:

[1] Aging

MSRP Group

شرکت دانش بنیان مهندسین مشاور میراب صنعت راستین پردیس
WWW.MSRPCO.com
تلفن: بوشهر ۰۷۷-۳۳۴۴۳۶۸۰، شیراز ۰۷۱-۳۶۳۱۲۱۰۳ همراه: ۰۹۱۷۱۱۳۴۱۶۳
Email: Info@msrpco.com

الف) هزینه مواد اولیه در این مواد بسیار کم بوده و مواد اولیه آن ها به راحتی قابل دسترس است.

ب) استحکام: استحکام این نوع از مقره ها بسیار بالااست. این نوع از مقره ها مقاومت بالایی به پیری دارند.

۲- محدودیت ها:

الف) زمان تولید: زمان تولید این مقره ها به دلیل زمان بر بودن فرآیند خشک شدن بسیار طولانی است و هرچه اندازه مقره بزرگتر باشد این زمان بیشتر است.

ب) شکست: سرامیک ها بسیار شکننده هستند به همین دلیل در حین حمل و کارگزاری به راحتی می شکند.

ج) وزن: پرسلان ها بسیار فشرده بوده و به همین دلیل وزن زیادی دارد. به دلیل افزایش وزن ساختارهای نگهداری آن ها نیز بزرگتر و گران تر بوده و برای جا به جایی آن ها نیاز به جرثقیل می باشد. از طرف دیگر تمام این فاکتورها هزینه نهایی را افزایش داده و وزن زیاد باعث کندی حمل و نقل نیز می شود.

د) hallow core failue: مقره های پرسلانی را معمولاً توخالی می سازند تا وزن مقره را کاهش دهند. تو خالی بودن باعث کاهش توان عایق بودن و جرقه زنی از داخل مقره می شود. در اثر جرقه داخلی، گازها درون مقره یونیزه شده و فشار به شدت افزایش می یابد در اثر تخلیه نشدن این فشار مقره دچار شکست می شود.

ه) هندسه پیچیده: مقاومت خزشی پرسلان ها در چترک ها کم می شود و به همین دلیل مجبور می شوند که شکل چترک ها را پیچیده تر تولید کنند که باعث افزایش قیمت مقره می شود.

ن) رفتار در محیط آلوده: پیوندهای شیمیایی قوی در این مواد باعث ایجاد انرژی سطحی زیادی می شود؛ در نتیجه آلودگی ها به راحتی به سطح این مواد جذب شده و خاصیت آبدوست پیدا می کند. علاوه بر آن خاصیت ترکنندگی نیز در این دسته از مقره ها بالا است. مقره‌های پرسلانی جزء مواد آبدوست یا هیدروفیلیک محسوب می شوند. زمانی که این سطح در محیط آلوده خیس می شود آلودگی ها و نمک های محیط را حل کرده و یک لایه رسانا روی سطح ایجاد می کند که باعث ایجاد نشتی جریان یا flash over می شود [۸].

شرکت دانش بنیان مهندسین مشاور میراب صنعت راستین پردیس WWW.MSRPCO.com
تلفن: بوشهر ۰۷۷-۳۳۴۴۳۶۸۰، شیراز ۰۷۱-۳۶۳۱۲۱۰۳ همراه: ۰۹۱۷۱۱۳۴۱۶۳ Email: Info@msrpco.com

MSRP group

مقره های پلیمری:

مقره‌های پلیمری دارای هسته ای متشکل از میله فیبر شیشه ای پوشیده با weather shed پلیمری می باشند. سازندگان از طراحی ها و روش های ساخت متنوعی استفاده می کنند. مواد اصلی پلیمری لاستیک‌های سیلیکونی، EPM، EPDM، CE و پلی تترا فلوئور اتیلن (PTFE یا تفلون) می‌باشد. برای بدست آوردن خواص مکانیکی و الکتریکی مطلوب، این مواد با پرکننده‌های متنوعی شامل آلومینیوم تری هیدرات ترکیب ($Al(OH)_3$) می‌شوند [۹].

لاستیک های PE به طور گسترده ای بر پایه آلومینا تری هیدرات بوده تا از تجزیه مواد کربنی جلوگیری کند. اگر سطح لاستیک EP در معرض نور فرابنفش قرار بگیرد و سبب قوس الکتریکی شود، آلومینا تری هیدرات به تدریج به پودر سفید آلومینا در سطح احیا می گردد. آلومینا ممکن است بر سطح تخلیه تر اثر بگذارد. اگرچه لاستیک سیلیکونی شامل آلومینا تری هیدرات بوده و بر اساس خاصیت آب گریزی برای جلوگیری از نشتی جریان و قوس زنی می باشند. مواد CE به صورت محافظ تک لایه بر روی میله ساخته می شوند. سازندگان مقره‌ها لاستیک سیلیکونی از یک فرآیند قالب‌گیری پیوسته برای تشکیل محافظی پیوسته بر روی میله فیبر شیشه ای استفاده می کنند. برخی پوششی بر روی میله داده و غلاف را بر روی پوشش لغزانده و آن را در مکان مورد نظر جوش می دهند. End fitting فلزی به میله توسط روش های متنوعی متصل می شود که شامل فشردن فلز end fitting به میله (معمول ترین روش)، اتصال گوه به میله فیبر شیشه ای، قطع انتهای میله به مخروط و چسب زدن end fitting به میله می باشد.

مقره‌های پلیمری از مواد پلیمری مقاوم به uv ساخته می شوند. معمولاً هسته داخلی آن ها از جنس پرسلان یا پلیمرهایی با فیبر شیشه است، که باعث افزایش استحکام در مقره شده و جنس چترک ها نیز به شدت مقاوم به آلودگی است.

معمولاً یک مقره پلیمری شامل مواد زیر است:

شرکت دانش بنیان مهندسین مشاور میراب صنعت راستین پردیس
WWW.MSRPCO.com
تلفن: بوشهر ۳۳۴۴۳۶۸۰-۰۷۷، شیراز ۳۶۳۱۲۱۰۳-۰۷۱ همراه: ۰۹۱۷۱۱۳۴۱۶۳
Email: Info@msrpco.com

MSRP group

۱- ماده اولیه پلیمری

۲- استحکام دهنده

۳- Plasticizer

۴- رنگدانه

۵- ترکیبات پخت

۶- کاتالیست

۷- بازدارنده شعله

۸- پایدار کننده uv

۹- ماده مقاوم به فرسایش

مزایا:

۱-وزن کمتر: وزن مقره های پلیمری به شدت کمتر از مقره های سرامیکی است. با افزایش ولتاژ این اختلاف نیز بیشتر می شود. معمولاً این مقره ها با دست جابه جا شده و نسبت استحکام به وزن آن ها بیشتر از مقره های سرامیکی است، به همین دلیل سازه های ارزان تری برای به کارگیری آن ها مورد نیاز است.

این مواد ذوب شده و تزریق پلاستیک می شوند؛ در نتیجه ساخت شکل های پیچیده از آن ها ساده تر و سریع تر است و چترک ها با تنوع بیشتری تولید می شود. این مواد انرژی سطحی پایینی دارند و در نتیجه آلودگی چندان آن ها را تهدید نمی کند.

مقره های پلیمری کاملاً آب گریز یا هیدروفوبیک بوده و برخلاف مقره‌های پرسلانی که آب روی آن ها مانند پوشش پخش می شود، در این مقره ها آب به شکل قطرات جداجدا قرار می گیرند. در شکل ۱,۳ مقره پلیمری نشان داده شده است.

MSRP group

شرکت دانش بنیان مهندسین مشاور میراب صنعت راستین پردیس
WWW.MSRPCO.com
تلفن: بوشهر ۰۷۷-۳۳۴۴۳۶۸۰، شیراز ۰۷۱-۳۶۳۱۲۱۰۳ همراه: ۰۹۱۷۱۱۳۴۱۶۳
Email: Info@msrpco.com

شکل .Error! No text of specified style in document.۳- مقره پلیمری

در نتیجه مقره های پلیمری مسیر ناپیوسته برای جریان ایجاد می کند که باعث افزایش ولتاژ برای جرقه زنی آنها می شود. برخلاف مقره های پرسلانی جرقه های داخلی در این مواد باعث انفجار از داخل مقره نمی شود، بلکه در موارد حاد باعث ترک خوردن مقره می شود. زمان تولید این مقره ها در حد چند دقیقه است [۲،۹].

محدودیت ها:

۱-تجزیه محیطی: ترکیبات پلیمری برخلاف ترکیبات سرامیکی که پیوند یونی دارند دارای پیوند کووالانسی هستند، در نتیجه در اثر تنش دچار پیری شده و خواص خود را از دست می دهند.

تنش های موجود در مقره:

۱- تنش کابل که می تواند فشاری یا کششی باشد.
۲- تنش حرارتی در اثر تغییرات دمای محیط
۳- تنش های الکتریکی در اثر عبور جریان باید حتماً دقت شود که مقره پلیمری در حین پخت تجزیه شود.

نیروهای بسیار شدید وارد شده به مقره و ماهیت مواد خام آلی آن باعث تغییر خواص مقره از نظر مقاومت به آلودگی و تخریب خواص سطحی در طول زمان می شود. تابش uv و مواد شیمیایی خورنده باعث تغییر خواص در سطح ماده می شود که باعث تولید گروه های آبدوست شده که باعث ایجاد نشتی جریان خواهد شد.

MSRP group

۲-قیمت بالای مواد خام: معمولاً بسیاری از افزودنی ها و پرکننده ها (فیلر) به منظور کاهش قیمت و بهبود خواص اضافه می شود.

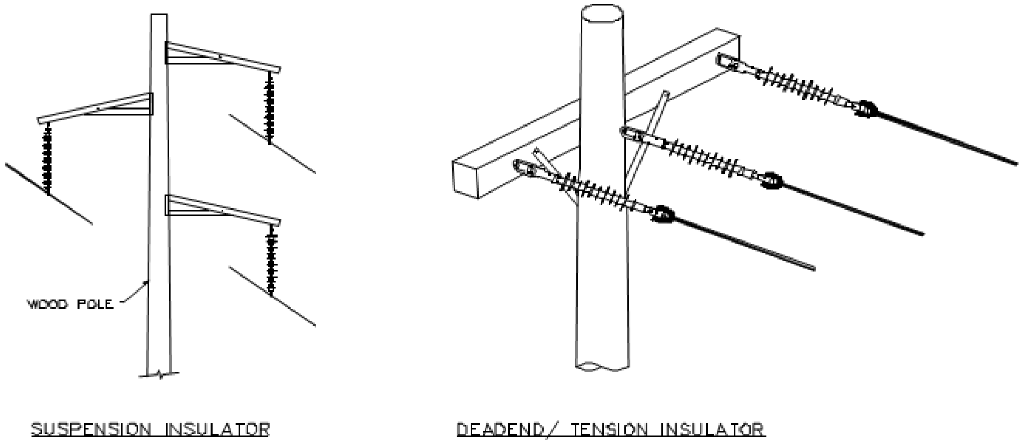
۳-استحکام: این مواد برخلاف مقره های پرسلانی سلب نیستند. از سوی دیگر نمی توانند به تنهایی وزن کابل را تحمل کنند که به این حالت خود اتکایی می گویند. به همین دلیل در مقره ها از اجزای سلب دیگر برای نگه داشتن کابل استفاده می کنند. برای افزایش استحکام در وسط این مقره ها میله های پرسلانی یا GRP قرار می دهند که باعث افزایش استحکام می شود. برای چسباندن پلیمر به میله ی پرسلانی یا GRP از رزین هایی استفاده می کنند که باید به دقت انتخاب شوند. زیرا یکی از دلایل عمده نشتی در مقره های پلیمری تجزیه رزین یا ایجاد نشتی در فصل مشترک مقره و میله است [۹،۱۰].

انواع مقره ها

بر حسب کاربرد این نوع وسیله ، مقره ها را به سه دسته تقسیم می کنند:

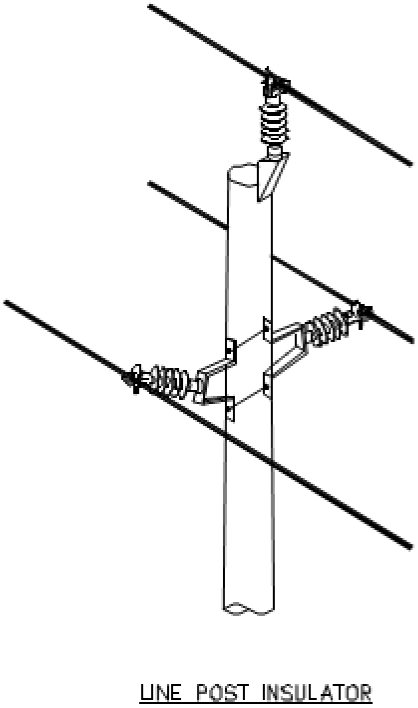
۱. مقره های خطوط هوایی : برای عایق کردن هادی ها نسبت به پایه (دکل) و نسبت به یکدیگر و نگهداری هادی ها بر روی پایه ها از این نوع مقره استفاده می شود. این مقرهها به طور افقی از خط رسانا محافظت می کنند، در حالی که مقرههای معلق بصورت عمودی از خطوط رسانا محافظت می کنند (شکل ۱,۴). هر دو مدل تحت نیروی کششی و پیچشی قرار می گیرند [۱].

MSRP group



شکل .**Error! No text of specified style in document.**۴- مقره های خطوط هوایی

۲. مقره های اتکایی : برای عایق کاری باس بارها در پست ها و تابلوها نسبت به زمین و نگهداری آن ها از این نوع مقره ها استفاده می شود. این نوع از مقره‌ها هم عمودی و هم افقی از خطوط رسانا محافظت کرده و در معرض نیروی فشاری و کششی قرار می گیرند (شکل ۱,۵) [۱].



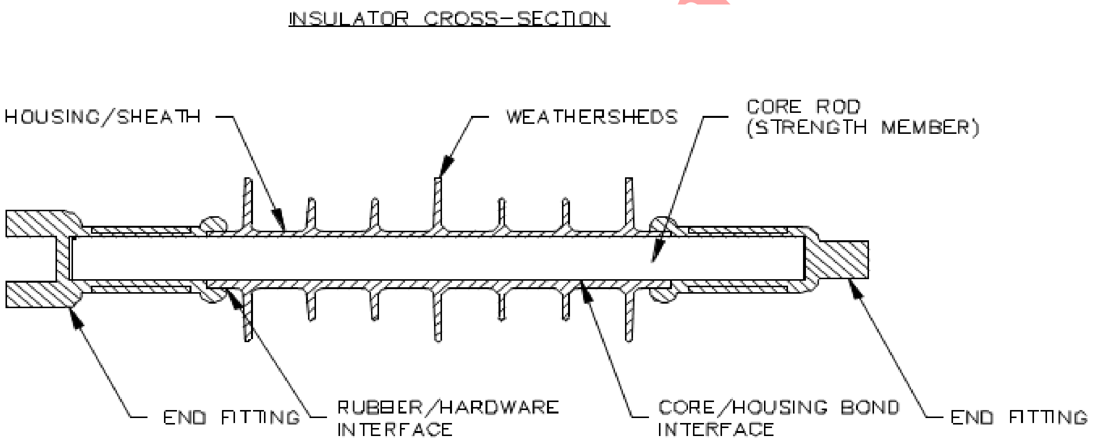
شکل .**Error! No text of specified style in document.**۵- مقره اتکایی

MSRP group

۳. مقره های عبوری یا بوشینگ ها: از این نوع مقره ها برای عبور باس بارها از دیواره ها یا ورود به تجهیزات استفاده می شود. همچنین برای ایزوله کردن خطوط یا باس بارها نسبت دیوارها یا بدنه تجهیزات هم به کار می رود. از نوع مقره‌هایی که سطح بالاتری در عایق بودن، عملکرد بهتر در ماندگاری و فعالیت های عادی و محافظت در برابر خوردگی دارد. این عایق هم تحت نیروی کششی و پیچشی قرار می گیرد [۱،۹].

ساختمان مقره‌ها

مطابق با شکل ۱٫۶ اجزاء مقره مشخص می شوند [۱].



شکل **Error! No text of specified style in document.**.۶- اجزاء مختلف مقره

هسته[1]: هسته قسمت داخلی در مقره‌های کامپوزیتی است که توانایی تحمل بار مکانیکی را دارد. بطور اصلی شامل فیبرهای شیشه ای قرار گرفته در مخلوط رزین می باشد تا به حداکثر استحکام کششی برسد.

[1] Core

شرکت دانش بنیان مهندسین مشاور میراب صنعت راستین پردیس
WWW.MSRPCO.com
Email: Info@msrpco.com
تلفن: بوشهر ۳۳۴۴۳۶۸۰-۰۷۷، شیراز ۳۶۳۱۲۱۰۳-۰۷۱ همراه: ۰۹۱۷۱۱۳۴۱۶۳

محافظ: محافظ لایه خارجی اطراف هسته است که از آن در برابر هوا محافظت می کند. در برخی طراحی ها، مقره‌های کامپوزیتی از پوششی ساخته شده که از مواد عایق بین هسته و weather shed قرار گرفته و قسمتی از محافظ می باشد.

Weather shed: قسمتی از مقره می باشد که از محافظ یا پوشش در برابر افزایش فواصل نشتی و ایجاد مسیر ناپیوسته برای عبور آب استفاده می شود.

End fitting: این قسمت نیروی مکانیکی را به هسته منتقل می کند و معمولاً از فلز ساخته می شود.

Coupling zone: قسمتی از end fitting است که نیرو را به خط برج یا مقره دیگر منتقل می کند و شامل سطح مشترک بین هسته و end fitting نمی باشد.

سطح مشترک: در واقع سطح بین مواد مختلف را سطح مشترک می نامند. مثالی از آن در مقره‌های کامپوزیتی عبارتند از [۱،۱۰]:

- فیبر شیشه ای/ رزین اشباع
- هسته/ محافظ
- پرکننده/ پلیمر
- محافظ/ weather shed
- محافظ/ end fitting
- هسته/ end fitting

MSRP group

شرکت دانش بنیان مهندسین مشاور میراب صنعت راستین پردیس
WWW.MSRPCO.com
تلفن: بوشهر ۳۳۴۴۳۶۸۰-۰۷۷، شیراز ۳۶۳۱۲۱۰۳-۰۷۱ همراه: ۰۹۱۷۱۱۳۴۱۶۳
Email: Info@msrpco.com

طراحی مقره‌ها

اساس طراحی مقره‌های پلیمری شامل سه جز ضروری می شود که شامل هسته، پوشش یا weather shed و end fitting فلزی است. End fitting به روش های مختلفی به هسته متصل شده تا استحکام مکانیکی لازم را ایجاد کند. هسته شامل یک فیبر شیشه ای در امتداد محوری و متصل به یکدیگر به کمک رزین های آلی می‌باشد. هسته بدون محافظ و end fitting برای کاربردهای ولتاژ بالا، در رطوبت، تحت اشعه فرابنفش، آلودگی، اسید، باران، اوزون و ولتاژ رسانایی که سبب تجزیه مواد هسته و سبب تخریب مکانیکی و الکتریکی می شود، مناسب نیست. بنابراین یک پوشش محافظ یا weather shed ساخته شده از مواد مختلف که برای کاربردهای الکتریکی بیرونی ترکیب شده اند و به روش های مختلفی بر روی هسته اعمال شده تا از هسته محافظت کرده و حداکثر مقاومت الکتریکی بین انتهای اتصالات را ایجاد کند [۱،۱۰].

MSRP group

انتخاب مواد

- **هسته:** استحکام مکانیکی مقره‌های پلیمری بر اساس میله فیبر شیشه ای است که هسته مقره را تشکیل می دهد و شامل ۷۰ تا ۷۵ درصد وزنی فیبر شیشه ای متصل به رزین آلی در امتداد طول می باشد. سیستم رزین می تواند پلی استر یا اپوکسی بوده که هم توسط ریخته گری و یا کشش‌رانی[1] تهیه می شود.

امروزه هسته در قطرهای مختلفی با درجه الکتریکی E-Type فیبر شیشه ای و رزین پلی استر کشش‌رانی می شوند. دو پارامتر بحرانی در کشش‌رانی میله های فیبر شیشه ای، سرعت آلوده شدن و دمای قالب تشکیل می باشد. ترک هایی محوری وقتی بیرون میله سریعتر از مرکز پخت شوند رشد می کنند. وقتی دمای قالب برای

[1] Pultrude

WWW.MSRPCO.com
شرکت دانش بنیان مهندسین مشاور میراب صنعت راستین پردیس
Email: Info@msrpco.com
تلفن: بوشهر ۳۳۴۴۳۶۸۰-۰۷۷، شیراز ۳۶۳۱۲۱۰۳-۰۷۱ همراه: ۰۹۱۷۱۱۳۴۱۶۳

سرعت کشش بسیار زیاد باشد، این پدیده رخ می دهد. پیوند فیبرشیشه با رزین پلی استر به پارامترهای فرآیند بستگی دارد. میله ممکن است به دلیل خاصیت موئینگی تخلخل و رطوبت ایجاد کند.

- Weather shed: این جز برای مقره‌های پلیمری از موادی مثل بیسفنول یا رزین رزین سایکلو آلیفاتیک اپوکسی، لاستیک ترموپلاستیک، مونومر اتیلن- پروپیلن دین (EPDM) و الاستومرهای سیلیکونی ساخته می شوند. این مواد با انواع مختلفی از پرکننده های غیرآلی مثل سیلیکا، آلومینای هیدراته با غلظتی متغیر از چند درصد تا ۷۰٪ وزنی ترکیب می شوند.

امروزه مواد الاستومری EPDM و سیلیکونی شامل حداقل ۷۰٪ وزنی آلومینای هیدراته است که مورد استفاده بیشتر تولیدکنندگان است و برای weather shed با لاستیک سیلیکونی مطلوب بوده و بهترین عملکرد را نسبت به بقیه نشان داده است [۱،۲،۱۱].

تخریب اولین نسل مقره‌های پلیمری با رزین اپوکسی با دپلیمراسیون[1] هیدرولیز همراه بوده است. دپلیمراسیون تخریب ساختار مولکولی پلیمر می باشد. هیدرولیز در نتیجه واکنش های شیمیایی بین یونهای آب و انتهای آزاد زنجیره های شیمیایی پلیمرها ایجاد می شود، که سبب دپلیمراسیون می گردد.

نسل اول weather shed های الاستومری به طور جداگانه قالب‌گیری شده و به هسته توسط چسب اپوکسی می چسبند. در برخی طراحی ها ژل سیلیکونی یا درزگیرهای سیلیکونی اعمال می شوند. گاهی هم ژل سیلیکون یا گریس برای پر کردن فضای خالی بین shed و هسته بکار می روند. اگرچه چسب اپوکسی حفاظت هایی در برابر ورود آب ایجاد می کند، اما عدم قطعیت هایی در عمر آن درزگیرها وجود دارد.

الاستومرها بهترین مواد در weather shed ها می باشند و در دمای کم که مقاومت به ضربه در آن ها مهمتر است، ترجیح داده می شوند. مشکل دیگر در اولین نسل طراحی، تاثیرهوازدگی محیط بر weather shed ها می باشد. هوازدگی بر همه مواد پلیمری تاثیر گذاشته و پدیده ای طبیعی شامل اثرات گرما، رطوبت، باران، باد، آلودگی

[1] Dypolymerization

WWW.MSRPCO.com
شرکت دانش بنیان مهندسین مشاور میراب صنعت راستین پردیس
Email: Info@msrpco.com
تلفن: بوشهر ۳۳۴۴۳۶۸۰-۰۷۷، شیراز ۳۶۳۱۲۱۰۳-۰۷۱ همراه: ۰۹۱۷۱۱۳۴۱۶۳
MSRP group

های درون اتمسفر و اشعه فرابنفش خورشیدی می باشد؛ که تحت این شرایط، weather shed پلیمری به طور دائم به صورت فیزیکی با زبر شدن و ترک خوردن و به طور شیمیایی با از دست دادن اجزای محلول و واکنش نمک ها و اسیدها، سایر ناخالصی های رسوب کرده بر روی سطح تغییر کرده و سطح آبدوست شده و رطوبت به راحتی در حجم weather shed نفوذ می کند.

- End fitting: این جز از مواد آلومینیومی یا آهن مالیبل، ریخته گری ماسه ای می شوند. برخی end fitting های آلومینیومی در قالب هایی دائمی ریخته گری می شوند. استحکام این fitting ها بیشتر و یکنواخت تر از ریخته گری ماسه ای می باشد. End fitting های فورج[1] و اکسترود[2] شده هم استحکام بالایی دارند. اگر روش اتصال fitting به هسته تاب خوردن باشد، هر دوی قالب دائم و fitting آلومینیوم فورج شده در سرویس ترک می خورند.

در برخی طراحی ها end fitting مقره‌ها مجهز به بازدارنده قوس می‌باشد که از اتلاف حین تخلیه الکتریکی جلوگیری می کنند [۱،۹،۱۲].

فاصله خزشی[3] چیست؟

فاصله سطحی بین اتصالات فلزی دوطرف مقره از یکدیگر را فاصله خزشی می‌گویند و به میلی‌متر بیان می‌کنند. در صورت بروز قوس بر روی مقره، قوس تمامی فاصله خزشی را طی نموده و به طرف دیگر آن می‌رسد و هرچه مقدار این فاصله بیشتر باشد جریان نشتی (خزشی) کمتر است. در هنگام ساخت بوسیله ایجاد شیارهایی بر روی مقره، فاصله خزش زیاد می‌شود [۹،۱۳].

---
[1] Forging
[2] Extrude
[3] Creepage Distance

WWW.MSRPCO.com
شرکت دانش بنیان مهندسین مشاور میراب صنعت راستین پردیس
Email: Info@msrpco.com
تلفن: بوشهر ۳۳۴۴۳۶۸۰-۰۷۷، شیراز ۳۶۳۱۲۱۰۳-۰۷۱ همراه: ۰۹۱۷۱۱۳۴۱۶۳
MSRP group

آلودگی ها

۱) شدت آلودگی

به دلیل استاندارد کردن، ۴ سطح آلودگی به صورت کیفی از آلودگی های سبک تا بسیار سنگین تعریف می شوند. جدول ۱,۱ برای هر سطح آلودگی، تعریفی تقریبی از برخی محیط ها را بیان می کند. شرایط سخت محیطی موجود مثل برف و یخ، آلودگی های سنگین، باران سنگین و محیط های خشک و بایر می باشند.

۲) ارتباط بین آلودگی و فواصل خزشی

برای هر سطح آلودگی در جدول ۱,۱، حداقل فواصل خزشی مشخص اسمی در میلی متر بر کیلو ولت (فاز تا فاز) در بالاترین ولتاژ در عایق ها هم داده شده است.

۳) کاربرد مفاهیم " فواصل خزشی"

به جای اعمال موفق مفاهیم "فواصل خزشی" پارامترهای ابعادی مشخص عایق را هم باید حساب کرد. پارامترهای مهم دیگری که باید آن ها را محاسبه کرد عبارتند از:

I. پارامترهای مشخص کننده پروفایل

- حداقل فواصل c بین پوشش ها
- پوشش های تناوبی
- انحراف و شیب پوشش ها
- پارامترهای مشخص کل مقره
- فاکتورهای خزش C.F
- فاکتور پروفایل

MSRP group

شرکت دانش بنیان مهندسین مشاور میراب صنعت راستین پردیس
WWW.MSRPCO.com
تلفن: بوشهر ۳۳۴۴۳۶۸۰-۰۷۷، شیراز ۳۶۳۱۲۱۰۳-۰۷۱ همراه: ۰۹۱۷۱۱۳۴۱۶۳
Email: Info@msrpco.com

II. تاثیر موقعیت مقره‌ها

به طور معمول برخی تغییرات در آلودگی، با توجه به عملکرد مقره‌ها در موقعیت های عمودی، افقی و مایل صورت می گیرد. به طور کلی تغییرات برای بهبود در عملکرد می باشد.

III. تاثیر قطر

تست‌های آزمایشگاهی مختلف نشانگر کاهش تأثیر آلودگی ها با افزایش قطر میانگین مقره‌ها می‌باشد.

۴) بدست آوردن فواصل خزشی

حداقل فواصل خزشی مقره‌های قرارگیری شده بین فاز و زمین، براساس سطح آلودگی محیط بدست می آید که در جدول ۱,۱ به آن اشاره شده است [۱،۱۴].

جدول Error! No text of specified style in document.۱- درجه بندی انواع آلودگی‌ها

انواع آلودگی	توضیحات محیطی	حداقل فواصل خزشی (mm/KV)	کمترین نشتی (in/KV)
سبک ۰/۰۶ Mg/cm²	• محیط بدون صنعت و با تراکم کم خانه های مجهز به وسایل گرمایشی • محیط هایی با تراکم کم صنعت یا خانه، اما در معرض باد/ سیل • محیط های کشاورزی • محیط های کوهستانی • همه محیط های مناسب با ۱۰ km تا ۲۰ km فاصله از دریا و بدون باد مستقیم از دریا	۱۶	۰/۶۳
متوسط ۰/۲ Mg/cm²	• محیط صنعتی ولی بدون تولید آلودگی های ذره ای دود/ باتراکم متوسط خانه های مجهز به وسایل گرمایشی • محیط با تراکم بالای خانه/ اما در معرض باد و سیلاب های متناوب	۲۰	۰/۷۹

MSRP group

	• محیط های در معرض باد برخواسته از دریا اما نه زیاد نزدیک به ساحل (حداقل چندین کیلومتر فاصله)		
سنگین ۰/۶۰ Mg/cm²	• محیط با تراکم صنعت بالا و برون شهرهای بزرگ یا تراکم بالای محیط های حرارتی تولید کننده آلودگی • محیط های نزدیک دریا یا در معرض بادهای نسبتاً سنگین دریایی	۲۵	۰/۹۸
بسیارسنگین >۰/۶۰ Mg/cm²	• محیط هایی با وسعت متوسط با رسوبات رسانا و با دودهای صنعتی تولیدکننده رسوبات ضخیم رسانا • محیط با گستره متوسط و بسیار نزدیک به ساحل و در معرض اسپری های دریایی یا بادهای قوی و آلوده از دریا	۳۱	۱/۲۲

بخش سوم

شکست الکتریکی در مقره ها

مکانیزم نشتی مقره:

نشتی در مقره‌ها عبارت است از ایجاد جرقه روی سطح مقره (شکل ۱,۷). در مقره های چینی عامل ایجاد جرقه به شکل زیر است:

۱- تجمع آلودگی ها با باد، گرد و خاک و نشستن آلودگی ها (نمک ها رسانا روی سطح مقره)

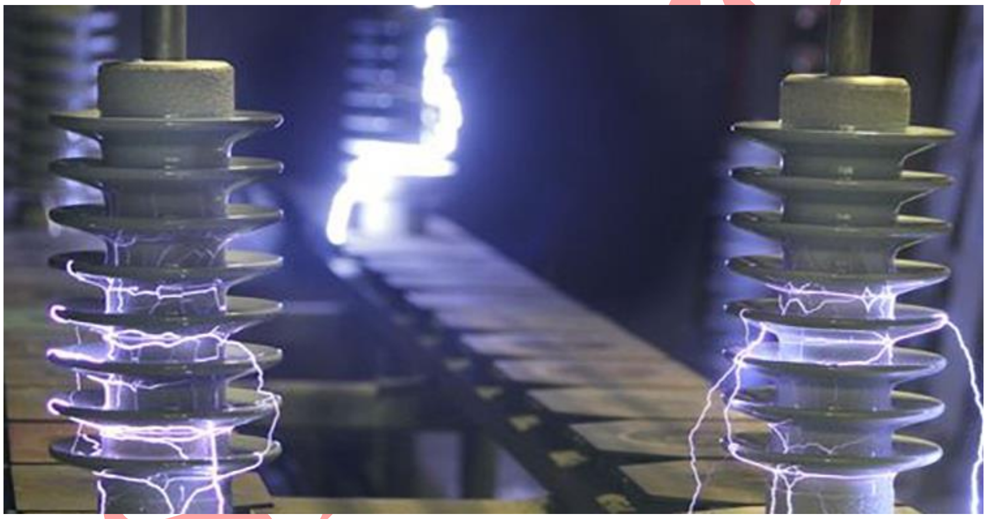
۲- ترکنندگی سطح با رطوبت بالا یا باران های ضعیف که باعث حل شدن آلودگی ها شود و یک محیط الکترولیت رسانا ایجاد می کند که پیوسته یا شبه پیوسته باشد. در این شرایط مقاومت مقره به شدت افت می کند و مقره رسانای جریان می شود.

MSRP group

شرکت دانش بنیان مهندسین مشاور میراب صنعت راستین پردیس
WWW.MSRPCO.com
تلفن: بوشهر ۳۳۴۴۳۶۸۰-۰۷۷، شیراز ۳۶۳۱۲۱۰۳-۰۷۱ همراه: ۰۹۱۷۱۱۳۴۱۶۳
Email: Info@msrpco.com

۳- به دلیل ایجاد جریان حرارت ایجاد شده و رطوبت باقی مانده روی سطح را بخار می کند. در گوشه های مقره تمرکز جریان وجود داشته و در نتیجه دما بالاتر رفته و تنش های الکتریکی به دلیل خشک شدن ناهمگن رطوبت ایجاد می شود.

۴- نقاط در حال خشک شدن بار خود را بر نقاط مجاور تخلیه کرده و اگر سطح مقره با باران شسته شود آلودگی حاصل شده و اثر الکترولیت کم می شود. همچنین نور خورشید نیز میزان رطوبت سطح را کم کرده و نشتی کاهش می یابد. زمانی که جرقه در مقره تولید می شود؛ به دلیل ایجاد ولتاژ شدید فیوزهای ایستگاه های انتقال قطع می شود. در موارد جرقه زنی شدید باید مقره را تعویض کرد [۱،۱۱،۱۵].



شکل Error! No text of specified style in document.-۷- جرقه زنی مقره

دو نوع شکست در مقره ها ممکن است رخ دهد :

۱. سوراخ شدن مقره (شکست الکتریکی داخل بدنه مقره) :

این شکست بستگی به جنس مقره، ضخامت بدنه و ناخالصی‌های آن دارد که غالباً اتفاق نمی‌افتد؛ مگر در هنگام صاعقه های بسیار خطرناک و امواج سیار روی خط چین رخ می دهد. ضخامت بدنه مقره را طوری طراحی می کنند که برای ولتاژهای ضربه صاعقه ای و امواج سیار ناشی از سوییچینگ سوراخ نشود.

شرکت دانش بنیان مهندسین مشاور میراب صنعت راستین پردیس WWW.MSRPCO.com
تلفن: بوشهر ۰۷۷-۳۳۴۴۳۶۸۰، شیراز ۰۷۱-۳۶۳۱۲۱۰۳ همراه: ۰۹۱۷۱۱۳۴۱۶۳ Email: Info@msrpco.com
MSRP Group

۲. جرقه سطحی مقره :

به علت اینکه سطح مقره ها با هوا در ارتباط است و با توجه به اینکه استقامت الکتریکی هوا خیلی کمتر از مقره ها است لذا قبل از سوراخ شدن ، در روی سطح مقره ها جرقه زده می شود. معمولاً اگر بر روی سطح مقره ها گرد و غبار و رطوبت و آلودگی بنشیند به سطح آن رسانا می شود و یک جریان نشتی روی سطح مقره بین هادی و پایه فلزی آن بر قرار می گردد و باعث پایین آمدن ارزش عایقی سطح مقره می شود. لذا اولاً سطح عایق ها را طویل می سازندتا مسیر جریان نشتی طولانی تر شود و ارزش عایقی سطحی زیاد از دست نرود. دیگر آن که سسطح عایق را به صورت چتری می سازند تا باران از آن ریخته شده و ابعاد مقره نیز بزرگ نشود و بالاخره جای خشک هم داشته باشد. شیب چترها باید طوری باشد که روی سطوح هم پتانسیل یعنی عمود بر خطوط میدان بین هادی و میله قرار گیرند. زیرا اگر بین دو نقطه ای که دارای اختلاف پتانسیل باشند ، سطح رسانای ناشی از گرد و غبار تشکیل می شود ، جریان زیادتری جاری شده و جرقه سطحی زودتر زده می شود [۱۲].

جرقه زنی در مقره های پلیمری:

مراحل تولید نشتی در مقره های پلیمری مشابه مقره های پرسلانی، اما وسیع تر است.

۱-آلودگی روی مقره های پلیمری نیز دقیقاً مانند مقره های پرسلانی رسوب می کند.

۲-آب روی سطح مقره به صورت قطره ایجاد می شود و ذرات جامد شکل را حمل می کنند.

۳-حرارت اهمی (در اثر جریان الکتریکی) باعث گرم شدن مقره می شود.

۴-میدان الکتریکی بین قطرات نزدیک به هم ایجاد شده و در اثر جرقه زنی زنجیره های پلیمری می شکنند که باعث کاهش آب گریزی سطح می شود و در نتیجه جرقه زنی به شکل پیوسته زیاد می شود.

۵-در اثر تخلیه الکتریکی پیری و فرسایش (Age; erosion) در مقره به وجود می آید.

MSRP group

شرکت دانش بنیان مهندسین مشاور میراب صنعت راستین پردیس
WWW.MSRPCO.com
تلفن: بوشهر ۰۷۷-۳۳۴۴۳۶۸۰، شیراز ۰۷۱-۳۶۳۱۲۱۰۳ همراه: ۰۹۱۷۱۱۳۴۱۶۳
Email: Info@msrpco.com

در لحظه تخلیه الکتریکی دمای نقاط تا ۴۰۰ درجه سانتیگراد می رسد. سایر فاکتورهای محیطی مانند UV باعث ایجاد خرابی سطح (ایجاد خلل و فرج) شده و در نتیجه احتمال جرقه زنی زیاد می شود. در حالت عمومی ولتاژ مورد نیاز برای جرقه زن های پلیمری بیشتر از مقره های پرسلانی است [۱،۹،۱۲،۱۶،۱۷،۱۸].

MSRP group

شرکت دانش بنیان مهندسین مشاور میراب صنعت راستین پردیس
WWW.MSRPCO.com
تلفن: بوشهر ۳۳۴۴۳۶۸۰-۰۷۷، شیراز ۳۶۳۱۲۱۰۳-۰۷۱ همراه: ۰۹۱۷۱۱۳۴۱۶۳
Email: Info@msrpco.com