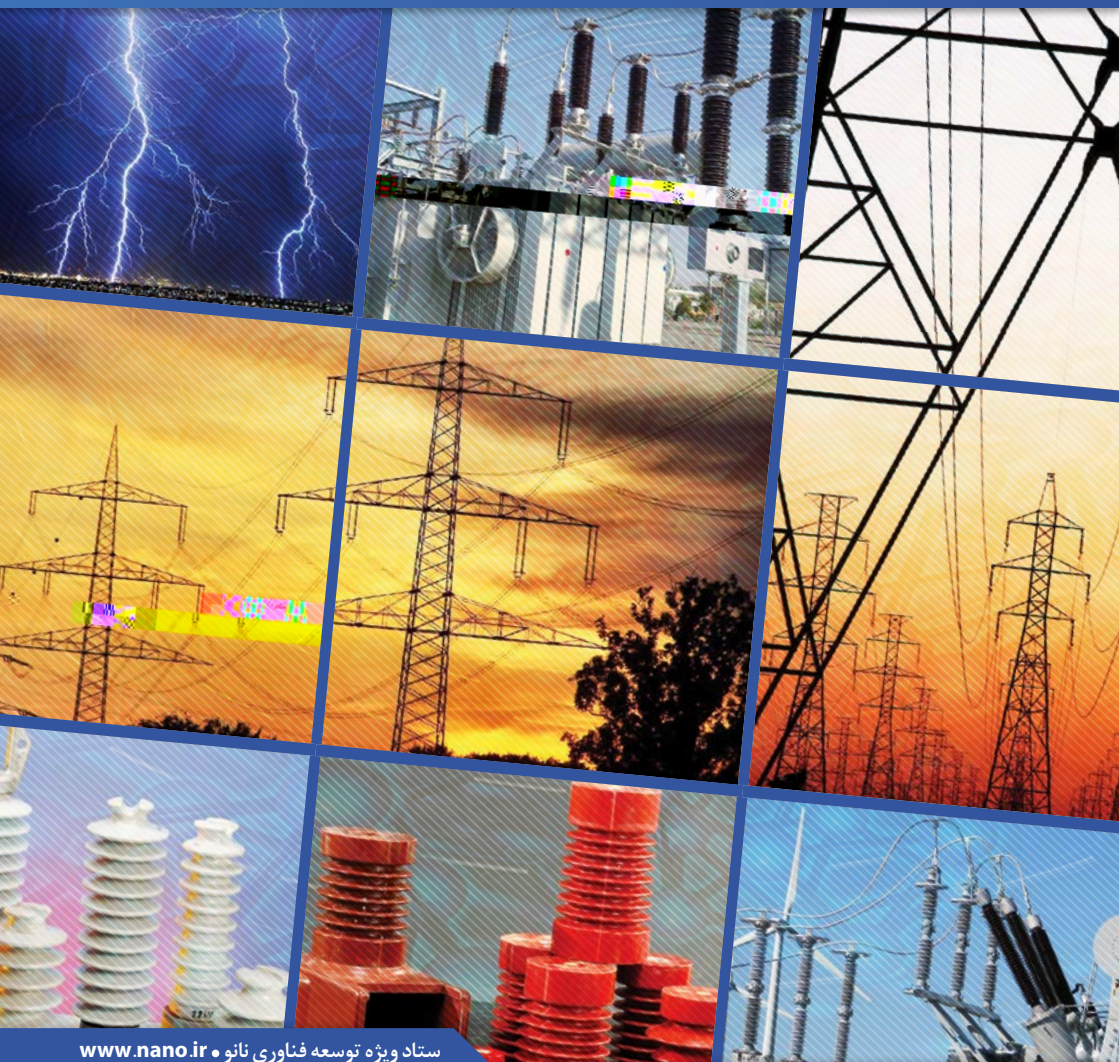


کاربردهای فناوری نانو در بخش انتقال شبکه برق رسانی

سال انتشار: ۱۳۹۴

ویرایش نخست



ستاد ویژه توسعه فناوری نانو	تلفن: ۰۲۱-۶۳۱۰۰
طراحی و اجرا: توسعه فناوری مهر ویژن	نمابر: ۰۲۱-۶۳۱۰۶۳۱۰
نظارت: داود قرایلو	پایگاه اینترنتی: www.nano.ir
تهیه کننده: کارگروه کاربردهای فناوری نانو در صنعت برق	پست الکترونیک: setad@nano.ir report@nano.ir
	صندوق پستی: ۱۴۵۶۵-۳۴۴

- ۳ کاربردهای فناوری نانو در خطوط انتقال صنعت برق کشور.....
- ۳ برق گیرها.....
- ۵ روغن های با عملکرد حرارتی بالا در ترانسفورماتورها.....
- ۷ کاهش تلفات و افزایش خواص مغناطیسی هسته های ترانس ها.....
- ۸ افزایش مقاومت مکانیکی استراکچرها، مقره ها و کابل های انتقال و کاهش تلفات حرارتی کابل ها...۸
- ۱۰ پوشش ضد آب برای کاهش خوردگی های آرماتورهای تیرهای بتنی برق.....
- ۱۲ کاهش کشش اصطکاکی با استفاده از نانو پوشش ابر آب گریز در مقره ها.....

فناوری نانو به عنوان انقلاب تکنولوژیک قرن ۲۱ موجب دگرگونی در حوزه‌های مختلف از جمله مواد، انرژی، محیط زیست، الکترونیک و... گشته است. یکی از حوزه‌های مهمی که با استفاده از این فناوری



امکان تامین نیازهای صنعت با خواص بهتر، کاهش هزینه‌ها و تلفات انرژی وجود دارد، صنعت برق است. خواص مورد نظر می‌تواند خواص فیزیکی، مکانیکی، متالورژیکی، شیمیایی و غیره در سه بخش تولید (نیروگاه)، شبکه انتقال و شبکه توزیع باشد. با توجه به کاهش ذخایر نفتی و افزایش نیاز جهانی برای تامین انرژی، بکارگیری فناوری نانو در حوزه برق و انرژی مورد توجه فراوان قرار گرفته است. پیش‌بینی می‌شود که با بهره‌گیری از فناوری نانو تولید برق به میزان ۲۰ تا ۲۵ درصد تا سال ۲۰۲۰ افزایش یابد [۱].

کاربرد فناوری نانو در حوزه برق و انرژی را می‌توان به بخش‌های زیر تقسیم کرد:

- ساخت و تولید تجهیزات مورد نیاز صنعت برق با کارایی و خواص بهتر و هزینه کمتر؛
- ساخت و تولید تجهیزاتی که با فناوری‌های مرسوم امکان‌پذیر نمی‌باشد؛
- توسعه روش‌های بهره‌برداری، تعمیرات، نگهداری، بهسازی و نوسازی تاسیسات و تجهیزات صنعت برق؛
- کاهش تلفات برق در شبکه‌های انتقال و توزیع؛
- افزایش راندمان تجهیزات در صنعت برق؛
- افزایش توان و تولید.

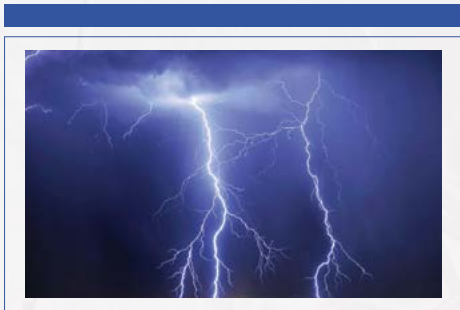
برق‌گیرها^۱

برقگیرها به عنوان محافظ در کنترل جریان ناگهانی اضافی در ولتاژهای پایین در مدارهای الکترونیک و در ولتاژهای بالا در مدارهای توزیع و پست انتقال قدرت استفاده می‌شوند. برق‌گیرها از نظر ساختمان داخلی



شکل ۱. وریستورهای بر پایه اکسید روی در ابعاد مختلف

انواع گوناگونی دارند که از پرکاربردترین آن‌ها در شبکه انتقال انرژی، برق‌گیرهای بدون فاصله هوایی است. برق‌گیرهای بدون فاصله هوایی از تعدادی قرص از جنس اکسید روی (ZnO) تشکیل شده‌اند و از اکسید بیسموت نیز معمولاً در نقش عایق (یک مانع پتانسیلی) آن استفاده می‌شود. به این نوع برق‌گیرها اصطلاحاً وریستور^۲ یا مقاومت وابسته به ولتاژ^۳ هم گفته می‌شود و در شکل ۱ نشان داده شده است. وریستورها سرمایه‌های نیمه‌رسانا می‌باشند و دارای مشخصه ولتاژ-جریان غیرخطی با قابلیت جذب انرژی بالا



هستند که ناشی از ریزساختار و مرز دانه‌های آن‌ها می‌باشد. روش تولید وریستورها همانند روش تولید سرامیک‌ها است که شامل مخلوط کردن اجزای پودری همراه با پرس و زینتر در دماهای بالا می‌باشد.

چالش‌های اصلی در زمینه وریستورها را می‌توان به دو دسته ریزساختاری و تغییر مشخصات فیزیکی تقسیم‌بندی کرد. در رابطه با ریزساختار، تغییر ابعاد دانه‌ها با توجه

به کاربرد وریستور از اهمیت بالایی برخوردار است. با توجه به خاصیت وابسته به مرزدانه در این مواد، در وریستورهای با ولتاژ شکست بالا سعی بر آن است که تعداد مرزدانه فعال را افزایش دهند، در حالی که در وریستورهای با کاربرد ولتاژ پایین تعداد مرزدانه را کاهش می‌دهند. کاهش ابعاد دانه‌ها که منجر به افزایش تعداد مرزدانه‌ها می‌شود، با استفاده از فناوری نانو در حین مراحل ساخت مقدور است. یکی دیگر از پارامترهایی که در حین مراحل ساخت می‌توان آن را کنترل کرد، کاهش دمای زینتر می‌باشد. این عمل را هم با کاهش ابعاد پودرهای اولیه و هم با استفاده از اضافه کردن عناصر ناخالصی انجام می‌دهند. برای مثال، با استفاده از مواد نانومتری اولیه، دمای زینترینگ وریستور بر پایه اکسید قلع حاوی اکسید مس از دمای ۱۳۵۰ درجه سانتیگراد تا دمای ۱۱۵۰ درجه سانتیگراد کاهش داده شده و خواص غیرخطی مشاهده شده است. اندازه دانه وریستور بر پایه اکسید قلع ساخته شده از مواد اولیه نانومتری که در دمای ۱۳۵۰ زینتر شده است در حدود ۱۳ میکرون است و دارای ولتاژ شکست 9 kv/cm و ضریب غیرخطی ۲۷ است که مناسب برای کاربرد ولتاژ شکست پایین نظیر مصارف خانگی است. در حالیکه وریستور بر پایه اکسید قلع حاوی اکسید مس که در دمای ۱۱۵۰ زینتر شده است دارای اندازه دانه در حدود 700 nm است. ولتاژ شکست و ضریب غیرخطی این وریستور نانو ساختار به ترتیب 10 kv/cm و ۱۲ است که مناسب برای کاربرد ولتاژ شکست بالا نظیر مصارف توزیع و انتقال برق می‌باشد [۳].

چالش بعدی تغییر خواص فیزیکی می‌باشد. افت مشخصات ولتاژ-جریان وریستور به عنوان یک مسئله جدی در برق گیرها مطرح می‌گردد. قرارگیری وریستور در میدان‌های الکتریکی برای مدت زمان طولانی، منجر به افزایش جریان ناشی و افزایش توان اتلافی در وریستور شده که در نتیجه باعث تخریب آن می‌گردد. افزایش جریان ناشی و پیرشدگی^۴ وریستور مربوط به ریزساختار و نقص‌های مربوط به آن می‌باشد. پدیده احیای وریستور منجر به بازگشت مشخصه وریستور به حالت اولیه شده و در نتیجه وریستور پیر شده بازسازی می‌گردد. یکی از روش‌های احیا، عملیات غوطه‌وری وریستور تخریب شده، در محلولی از نانو نیترات بیسموت با غلظت بهینه بین ۲/۵ تا ۳/۲ درصد مولی تحت عملیات حرارتی خاص می‌باشد. نتایج نشان می‌دهند که این پردازش موجب بهبود مشخصه غیرخطی وریستور و کاهش جریان ناشی می‌گردد.

در واقع نانوذرات اکسید بیسموت از سطح به داخل وریستور نفوذ می‌کنند و تلفات بیسموت را جبران خواهند کرد. در نتیجه پس از انجام عملیات حرارتی، فاز بیسموت تشکیل شده و لایه بین دانه‌ای بازسازی می‌گردد و

مرزهای دانه‌ای با فاز گامای اکسید بیسموت پر می‌شوند [۴].

در حال حاضر در داخل کشور، نانو پودر ZnO و افزودنی‌ها مورد استفاده در ساخت قرص‌های برق‌گیر توسط شرکت‌های داخلی تولید می‌شود. هدف از انجام این کار، بالا بردن ویژگی‌های نهایی قرص برق‌گیر در مقایسه با نوع معمولی، حصول یکنواختی در توزیع افزودنی‌ها و تسهیل در فرآیند تولید قرص برق‌گیر از طریق کاهش دما و زمان زینتر (کاهش مصرف انرژی) می‌باشد. ویژگی‌های اصلی این محصول عبارتند از [۵]:

■ ایمنی بالا؛

■ جریان نشی پایین (در حد میکروآمپر)؛

■ قابلیت جذب انرژی بالا (در حدود 700 J/cm^3)؛

■ زمان پاسخگویی سریع (در حدود ۲۰ نانوثانیه).

مشخصات فنی محصول:

۲۷ میلیمتر	ارتفاع قرص
۴۹ میلیمتر	قطر قرص
۴ کیلوولت	ولتاژ نامی
۳ کیلو ولت	ولتاژ عملکرد مداوم
۱۰ کیلوآمپر	جریان تخلیه خط
۹/۶۸ کیلوولت	ولتاژ باقیمانده تحت ضربه جریانی صاعقه ۱۰ کیلو آمپر
۵/۹ کیلوولت	ولتاژ باقیمانده تحت ضربه جریانی کلیدزنی ۲۰۰ آمپر
IEC 60099-4	استاندارد آزمون

روغن‌های با عملکرد حرارتی بالا در ترانسفورماتورها



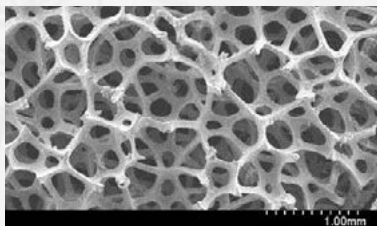
شکل ۲. ترانس و محفظه روغن

برای خنک کردن و عایق‌کنندگی ترانسفورماتورهای برق که در شبکه انتقال انرژی کاربرد زیادی دارند (شکل ۲)، از روغن استفاده می‌شود. نقش خنک‌کنندگی این روغن با افزایش ولتاژ ترانس که منجر به افزایش حرارت بالاتر می‌شود، اهمیت بیشتری پیدا می‌کند. از طرفی چون این روغن‌ها دارای ترکیبات آلی هستند، در مقابل حرارت بالای تولیدی در ترانس خصوصیات خود را در مدت زمان کمی از دست می‌دهند و عملکردی نامناسب پیدا می‌کند؛ بنابراین ارتقای رفتار حرارتی این روغن‌ها بسیار مهم بوده و یکی از راه کارهای آن، افزایش ضریب انتقال حرارت آن می‌باشد. ضریب انتقال حرارت روغن‌هایی که در حال حاضر در ترانس‌ها

استفاده می‌شود، در حدود 0.136 W/mK می‌باشد [۶].

با وجود آمدن فناوری نانو، معمولاً برای کاربردهای خنک‌کاری در مبدل‌ها، در سیستم‌های سرمایشی و گرمایشی و تجهیزات صنعتی از نانوسیال‌ها استفاده می‌شود و به همین دلیل در سال‌های اخیر کاربرد این فناوری در حوزه انتقال حرارت بسیار گسترده شده و به عنوان یکی از محورهای مهم مطالعاتی، تحقیقات زیادی را به خود جلب کرده است. نانوسیال، سوسپانسیون پایداری است که از طریق پراکنده کردن یکنواخت نانو ذراتی با ضریب حرارتی بالا در سیالی مشخص، ساخته می‌شود و بطور قابل ملاحظه‌ای نسبت به آن سیال هدایت حرارتی بالاتری دارد [۷].

لذا با توجه به حضور نانوسیالات در حوزه‌های انتقال حرارت، بررسی استفاده از آن‌ها در ترانس‌های انتقال برق از جذابیت ویژه‌ای برخوردار است. در بین نانو ساختارهای مورد استفاده در نانوسیالات امروزه توجه خاصی به نانو ساختارهای کربنی می‌شود. یکی از این ساختارها، گرافن است که از اتصال اتم‌های کربن در یک شبکه هگزاگونال تشکیل شده و رفتار فوق‌العاده‌ای در انتقال حرارت از خود نشان می‌دهد بطوریکه ضریب هدایت حرارتی آن 5000 W/mK است که خیلی بیشتر از ضریب هدایت حرارتی الماس (1800 W/mK) و ضریب هدایت محوری نانولوله‌های کربنی (3000 W/mK) می‌باشد، زیرا صفحات گرافنی ساختاری دو بعدی داشته و حرارت را در ابعاد بیشتری انتقال می‌دهند. در شکل ۳ ساختار گرافن نشان داده شده است [۸ و ۹].



شکل ۳. ساختار گرافن

در یکی از تحقیقات انجام شده در این زمینه نشان داده شده که مقدار بهینه غلظت گرافن در روغن 0.15% حجمی می‌باشد که ضریب هدایت حرارتی روغن را 26% افزایش می‌دهد. همچنین حضور این مقدار گرافن درون روغن موجب افزایش کمی در ویسکوزیته (حداکثر $3/2\%$ در 60 درجه سانتیگراد) می‌شود. بعلاوه مشاهده شده است که افزایش دما موجب افزایش ضریب هدایت حرارتی روغن و کاهش ویسکوزیته می‌شود. در نتیجه استفاده از این نانوسیال در ترانس برای انتقال حرارت پیشنهاد می‌شود؛ زیرا با افزایش دما انتقال حرارت با سرعت بیشتری انجام می‌شود [۱۰].

در حال حاضر این تحقیقات در داخل کشور بیشتر به صورت آزمایشگاهی است و هنوز این مواد به صورت صنعتی تولید نمی‌شوند. با توجه به کاربردها و خواصی که در بالا ذکر شد، تولید این مواد علاوه بر کمک شایان بر کاهش تلفات انرژی، می‌تواند فرصت بسیار مناسبی برای سرمایه‌گذاری نیز باشد.

کاهش تلفات و افزایش خواص مغناطیسی هسته‌های ترانس‌ها

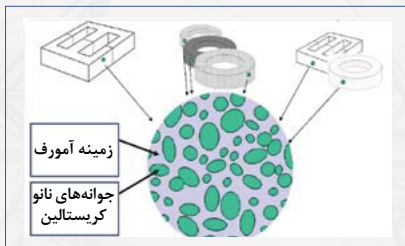
رشد فناوری مستلزم توسعه و بهینه‌سازی موادی است که پایه‌های فناوری را شکل می‌دهند. یکی از موادی که در صنعت برق و صنایع مربوطه در تولید، انتقال و توزیع نقش برجسته‌ای دارد، ماده تشکیل دهنده هسته‌های مغناطیسی ترانس‌ها، القاگرها و سایر ادوات الکترومغناطیسی است. نقش این مواد تقویت شار مغناطیسی است. این مواد دسته‌ای از مواد فرومغناطیس هستند که به آن‌ها مواد نرم مغناطیسی گفته می‌شود. مشخصه خواص مغناطیسی این مواد، مغناطش اشباع بالا^۴ (MS) به همراه میدان پسماندزدا^۵ (HC) پایین می‌باشد. طی چند



شکل ۴. هسته‌های فریتی که با استفاده از متالورژی پودر در ابعاد مختلف ساخته می‌شوند.

دهه اخیر تحقیقات گسترده‌ای روی این مواد انجام شده است و خانواده‌های مختلفی از این مواد معرفی شده‌اند. فریت‌ها و فولادهای سیلیکونی از جمله خانواده‌های مرسوم این مواد هستند. فریت‌ها، به عنوان اکسیدهای سرامیکی مغناطیسی، به دلیل روش‌های ساده ساخت (متالورژی پودر) قابلیت ساخت در ابعاد و اشکال مختلف را با سهولت بیشتر دارند. گرچه فریت‌ها نسبت به فلزات مغناطیسی و آلیاژهای آن‌ها، به دلیل مغناطش کمتر، در رتبه پایین‌تری قرار دارند، اما می‌توانند در فرکانس‌های بالا مورد استفاده قرار گیرند. فریت‌ها کاربردهای وسیع در سیستم‌های ذخیره اطلاعات، منابع تغذیه سوئیچینگ، حسگرهای گاز، ابزارهای میکروویو، صنایع الکتریکی و حسگرهای رطوبتی دارند. در شکل ۴ نمونه‌ای از یک هسته فریتی نشان داده شده است. در حال حاضر در بسیاری از

کاربردها در داخل و خارج از کشور از فولادهای سیلیکونی نیز استفاده می‌شود. این دسته از فولادها مغناطش اشباع بالایی ($\approx 2T$) دارند اما به دلیل میدان پسماندزدا^۵ بالا تلفات انرژی زیادی نسبت به فریت‌ها دارند [۱۱]. به طور کلی چالش اصلی در مورد کلیه مواد نرم مغناطیس تلفات انرژی ورودی می‌باشد. در کلیه بخش‌های صنعت برق (تولید، انتقال و توزیع) تلفات انرژی از اهمیت بالایی برخوردار است؛ به همین خاطر استفاده از مواد و روش‌هایی که باعث کاهش تلفات می‌شوند، بسیار مورد توجه هستند. امروزه یک دسته از مواد نرم مغناطیس که با استفاده از فناوری نانو به منظور کاهش تلفات پیشنهاد شده است، آلیاژهای آمورف نانو کریستالین هستند.

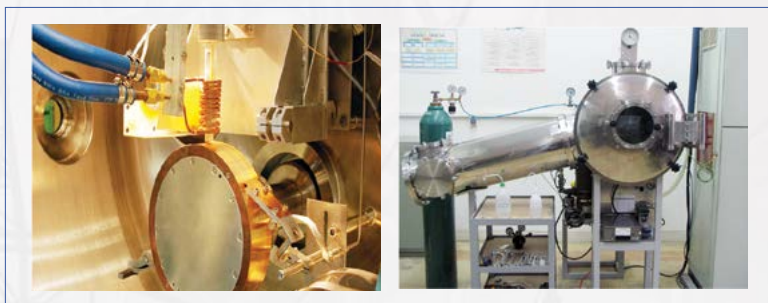


شکل ۵. ساختار آمورف نانو کریستالین، زمینه آمورف حاوی نانوذرات کریستالین

در این ترکیبات از یک ساختار آمورف به منظور افزایش مقاومت الکتریکی در ابتدا استفاده می‌شود و در مراحل بعدی با استفاده از یک عملیات حرارتی کنترل شده، دانه‌های نانو کریستالین در داخل زمینه آمورف جوانه می‌زند. در شکل ۵ به صورت شماتیک ترکیب این ساختار نشان داده شده است. استفاده از ترکیبی از ساختار آمورف و نانو کریستالین باعث کاهش میدان پسماندزدا و به تبع آن کاهش تلفات مغناطیسی می‌شود. ضمن اینکه با طراحی مناسب

آلیاژ می‌توان به مغناطش‌های اشباع بالا نیز دست‌یافت. معمولاً این ترکیبات از عناصری مانند آهن، سیلیکون، مس، بور و... تشکیل می‌شود. یک خانواده تجاری‌شده از این آلیاژها، ترکیب $\text{Fe}_{73.5}\text{Si}_{13.5}\text{B}_9\text{Nb}_3\text{Cu}_1$ (درصد اتمی) با نام تجاری Finemet می‌باشد [۱۲].

این خانواده از مواد نرم مغناطیس معمولاً با استفاده از روش‌های انجماد فوق‌سریع ساخته می‌شوند تا بتوان به ساختار آمورف موردنظر دست‌یافت. یکی از دستگاه‌های مرسوم در این زمینه، مذاب‌ریسی^۸ می‌باشد که تصویر آن در شکل ۶ نشان داده شده است. در حال حاضر در داخل کشور نمونه‌های آزمایشگاهی این دستگاه وجود دارد و نمونه‌های صنعتی نیز به‌زودی به بازار عرضه خواهد شد.



شکل ۶. شکل سمت راست دستگاه مذاب‌ریسی، سمت چپ ریختن مذاب روی چرخ مسی



شکل ۷. یک هسته نانو کریستالین از تجمیع کردن نوارهای آمورف نانو کریستالین



همان‌طور که در شکل هم نشان داده شده است در این دستگاه، مذاب از طریق یک نازل روی چرخ مسی آبگرد ریخته می‌شود که باعث می‌شود مذاب به‌صورت فوق‌سریع سرد شود و ساختار آمورف تشکیل می‌شود. عرض نوارهای تولیدشده قابل کنترل است. نوارهای تولیدشده در نهایت به‌صورت هسته‌های بالک متصل می‌شوند که نمونه‌ای از آن‌ها در شکل ۷ نشان داده شده است.

افزایش مقاومت مکانیکی استراکچرها، مقره‌ها و کابل‌های انتقال و کاهش تلفات حرارتی کابل‌ها

یکی از چالش‌های موجود در بخش انتقال انرژی الکتریکی، مقاومت مکانیکی استراکچرها می‌باشد که تحت تأثیر پدیده‌های مکانیکی همچون وزن بالای هادی‌های نصب‌شده بروی آن، وزن یخ و برف، نیروی ناشی از باد و... می‌باشد. در شکل ۸ دیده می‌شود که نبود مقاومت مکانیکی کافی باعث ویرانی استراکچر شده است. صنعت برق با مصرفی معادل ۱۷ درصد کل مصرف مواد کامپوزیتی پس از صنایع ساختمان (۴۲ درصد) و



➤ **شکل ۸. ویرانی استراکچر به دلیل کمبود استقامت مکانیکی**

خودرو (۳۰ درصد) در رده سوم مصرف کنندگان این مواد قرار دارد [۱۳]. امروزه کامپوزیت‌های پلیمری در ساخت قطعات گوناگون صنعت برق مانند لوله‌های عبور کابل، سیستم‌های حمل کابل کامپوزیتی در تونل‌ها و پل‌ها، تیرهای انتقال برق، بازوهای عرضی (کراس آرم‌ها)، مقره‌ها، برج‌های ارتباطی و غیره به کار می‌روند. خوشبختانه در کشور ما نیز، مواد کامپوزیت در صنایع برق، به‌ویژه در ساخت قطعات سوئیچ‌های برق، به کار گرفته می‌شوند. بسیاری از این محصولات هم‌اکنون به‌صورت انبوه تولید می‌شوند. تیرهای برق کامپوزیتی نیز سال‌هاست که طراحی، ساخته و نصب شده‌اند.

نانو ساختارهای کربنی به‌خصوص نانولوله‌های کربنی جزء مستحکم‌ترین مواد موجود در طبیعت به‌حساب می‌آیند. این مواد به دلیل ساختمان و نحوه کنار هم قرار گرفتن اتم‌های کربن در آن‌ها، از استحکام بسیار بالایی برخوردار هستند و در صورتی که مقدار کمی از آن‌ها به یک زمینه پلیمری، فلزی و یا سرامیکی اضافه شود، استحکام کامپوزیت حاصله، به میزان قابل توجهی افزایش می‌یابد. اضافه کردن تنها ۳۰ درصد وزنی از این مواد به نوع خاصی فولاد باعث افزایش ۷ برابری استحکام فولاد شد. نانولوله‌های کربنی علاوه بر افزایش مقاومت کششی، سبب بهبود خواص هدایت الکتریکی، هدایت گرمایی، خواص نوری، نشر میدانی، سیستم‌های ذخیره هیدروژن و... نیز می‌شود. تصویر میکروسکوپی نانولوله‌های کربنی در شکل ۹ نشان داده شده است [۱۴].

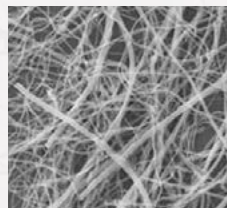
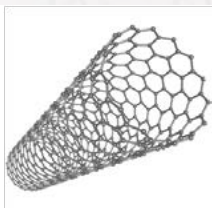
یکی از راه‌حل‌هایی که برای برطرف کردن مشکل کمبود مقاومت مکانیکی در سازه‌های صنعت برق با



➤ **شکل ۹. تصویر میکروسکوپی**

نانولوله‌های کربنی سمت راست و نحوه چیدمان اتم‌های کربن سمت

چپ.



استفاده از فناوری نانو پیشنهاد شده است، ساختن نانو کامپوزیت‌های حاوی نانولوله‌های کربنی می‌باشد. نانو کامپوزیت‌ها علاوه بر افزایش قابل توجه استحکام، وزن سبک‌تری نیز نسبت به سازه‌های مشابه دارند. این مواد بر مبنای مواد تشکیل دهنده، درصد مواد و روش تولید می‌توانند دارای خواص مکانیکی، رسانایی الکتریکی و انعطاف پذیری متفاوتی باشند.

امروزه نانو کامپوزیت‌های بر پایه نانولوله‌های کربنی در ساخت قطعات گوناگون صنعت برق به کار می‌روند. از جمله موارد می‌توان به افزایش مقاومت مکانیکی کابل‌های انتقال، استفاده از عایق حرارتی برای کاهش تلفات

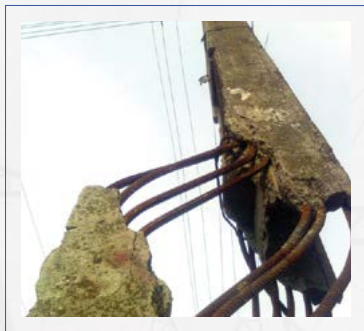
حرارتی کابل‌ها و تأسیسات وابسته و استفاده از خاصیت تاخیر دهنده‌گی آتش سوزی در محل‌هایی که احتمال آتش سوزی هست اشاره کرد. متأسفانه در کشور ما، استفاده از این مواد در صنعت برق علی‌رغم نیاز این صنعت فراگیر نشده است در حالی که علاوه بر موارد بالا می‌توان این مواد نانو ساختار را در ساخت قطعات سوئیچ‌های برق به کار گرفت که در نهایت سبب افزایش بازدهی، کاهش تلفات انرژی و کاهش هزینه‌ها می‌شود.



پوشش ضدآب برای کاهش خوردگی‌های آرماتورهای تیرهای بتنی برق

یکی از عوامل عدم پایداری بتن شرایط پیرامونی نامناسب مانند وجود سولفات‌ها و نمک‌ها در پیرامون سازه بتنی، کافی نبودن و تراکم نبودن بتن پوشش داده شده روی میلگردها، عدم حفاظت مناسب در دوره بهره‌برداری و نگهداری و خوردگی فولاد به سبب نفوذ مواد شیمیایی مضر در سازه‌های بتن فولادی می‌باشد. زنگ‌زدگی و خوردگی آرماتورها در بسیاری از تیرهای بتنی در خطوط توزیع نیروی برق بعد از گذشت چند سال باعث

خم شدن و سقوط تیر برق می‌شود که مشکلات زیادی را به دنبال خود خواهد داشت. با توجه به مزایای تیرهای بتنی برق از جمله قیمت پایین این نوع تیرها به دلیل ارزان بودن مواد اولیه، شکل پذیری مناسب بتن، مقاومت و استحکام بالای آن در برابر بارهای وارده و مقاومت در برابر آتش سوزی و آسان بودن تولید آن در نقاط مختلف، استفاده از این نوع تیرها به جای تیرهای چوبی و آهنی متداول‌تر است. بتن غالباً به وسیله میلگردهای فولادی برای افزایش استحکام مسلح می‌شود. همان‌طور که در شکل ۱۰ مشاهده می‌شود، خوردگی این میلگردها در بتن، مهم‌ترین عامل انهدام و تخریب تیرهای بتنی محسوب می‌شود. یکی از



شکل ۱۰. خوردگی میلگردها در بتن و تخریب تیرهای بتنی.

روش‌های مناسب جهت جلوگیری از خوردگی آرماتورها و بهبود خواص مکانیکی بتن، افزودن مواد مختلف برای کاهش نفوذ یون‌های مخرب در بتن است [۱۶].

ضدآب کردن سازه‌های بتنی با استفاده از پوششی از مواد پلیمری خاص می‌تواند راه حل مناسبی برای این مشکل باشد. پلیمرهای ارگانوسیلیکون^{۱۱} (سیلان و سیل اکسان نیز به آنها گفته می‌شود) ماده اولیه تولید پوشش‌های ضدآب‌کننده مصالح ساختمانی می‌باشند که معمولاً در حضور اسیدسولفوریک به‌عنوان کاتالیزور در صنعت تولید می‌شوند [۱۷ و ۱۸].

با توسعه فناوری نانو یکی از محصولاتی که با الهام گرفتن از طبیعت ساخته شده است، پوشش‌هایی با ضخامت



نانومتری برای آب‌گریز کردن سطوح مختلف می‌باشد. با استفاده از این محصولات که پایه آن‌ها معمولاً همان پلیمرهای ارگانوسیلیکون هستند، می‌توان مصالح ساختمانی مانند بتن و... را آب‌گریز کرد. خاصیت آب‌گریزی این مواد در مقایسه با پوشش‌های مرسوم از کیفیت و طول عمر بالاتری برخوردار است ضمن اینکه ضخامت نانومتری پوشش نیز سبب می‌شود تا با چشم دیده نشوند و در کاربردهایی که ظاهر از اهمیت بالایی برخوردار

است، استفاده شوند. غیر از این پلیمرها، نانوذراتی مانند SiO_2 و TiO_2 نیز بسته به نوع کاربرد به این ترکیبات می‌توانند اضافه شود. اضافه کردن این نانوساختار به پایه اولیه سبب می‌شود برخی از خواص پوشش‌های مرسوم مانند کیفیت آب‌گریزی، دوام و ماندگاری پوشش و زیست‌سازگاری آن بهبود پیدا کند. این پوشش‌ها ضمناً باعث می‌شوند جذب کثیفی به حداقل برسد. همچنین به دلیل حضور نانوذرات در داخل آن می‌توانند تیرهای بتنی را در مقابل اشعه UV مقاوم کنند.

مسئله مهم دیگری که در ضدآب‌سازی به آن پرداخته می‌شود، جلوگیری از تضعیف مقاومت مصالح ساختمانی بتنی، به‌ویژه در اثر واکنش سیلیکات‌های قلیایی، باران اسیدی، حمله سولفاتی و غیره می‌باشد. ضدآب‌سازی همچنین مانع نفوذ کلر، عامل تسریع‌کننده خوردگی آرماتورهای بتن مسلح می‌باشد. در شکل ۱۱ مقایسه‌ای بین مصالح ساختمانی قبل و بعد از پوشش‌دار شدن نشان داده شده است.

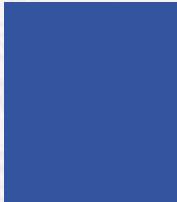


» شکل ۱۱. مقایسه میزان جذب آب در بتن با روکش نانو و بدون روکش نانو.

در ایران هم در این زمینه تحقیقات زیادی انجام شده است و در حال حاضر شرکت‌هایی وجود دارند که محصولات آب‌گریز با استفاده از فناوری نانو به صورت صنعتی برای سطوح مختلف می‌سازند و عرضه می‌کنند. می‌توان از این پوشش ضد آب در کاهش خوردگی‌های آرماتورها، تیرهای بتنی برق به منظور افزایش عمر مفید و کاهش هزینه و خطرات احتمالی ناشی از سقوط آن‌ها استفاده کرد. این محصول را می‌توان به وسیله برس، اسپری و غلتک استفاده کرد، بنابراین استفاده و به کارگیری آن نیز راحت است.

کاهش کشش اصطکاکی با استفاده از نانو پوشش ابرآب‌گریز در مقره‌ها

وظیفه مقره‌ها، عایق کردن هر قسمت از تاسیسات الکتریکی و بخش‌های تحت ولتاژ از زمین و یا به عنوان نگهدارنده آن‌ها می‌باشد و بسته به کاربرد از جنس‌های مختلف (سرامیکی، شیشه‌ای و...) ساخته می‌شوند. در شکل ۱۲، انواع مختلف مقره نشان داده شده است. مقره‌هایی که امروزه به صورت وسیعی در خطوط انتقال و توزیع استفاده می‌گردند، تحت تنش‌های الکتریکی و محیطی قرار می‌گیرند.



» شکل ۱۲. انواع مقره‌ها با جنس‌های مختلف



افت خواص، شکست و از کار افتادگی این نوع مقره‌ها که معمولاً ناشی از آلودگی می‌باشد، مشکلات زیادی را در بسیاری از کشورهای جهان خصوصاً در نواحی با آلودگی زیاد به همراه دارد. در مناطق آلوده و مرطوب، ایجاد جریان نشتی و تشکیل قوس معمولاً منجر به از کار افتادگی مقره‌ها می‌گردد. توقف جریان، خارج شدن



» شکل ۱۳. مقره‌های آسیب‌دیده

خطوط از مدار و از کار افتادن خط در این وضعیت بروز کرده که سبب ایجاد خسارات جدی و صدمات اقتصادی زیادی می‌شود. راه حل مناسب جهت جلوگیری از این امر ایجاد پوشش‌های ضد گرد و غبار و آلودگی بر روی مقره‌ها می‌باشد [۱۹].

با پیشرفت فناوری نانو در جهان، امروزه می‌توان از پوشش‌های سرامیکی بر روی سطوحی مانند مقره استفاده کرد که علاوه بر ایجاد خاصیت آب‌گریزی^{۱۳} خاصیت خودپالایندگی^{۱۴} را نیز ایفا کند و از طرفی به دلیل کوچک بودن ذرات پوشش، چسبندگی مناسبی با سطح نیز به وجود آورد. استفاده از این نوع پوشش بر روی مقره در نواحی مختلف آب و هوایی به‌خصوص در محیط‌هایی با آلودگی بالا، می‌تواند کمک شایانی به از بین رفتن پدیده تخلیه جزئی که یکی از مهم‌ترین مشکلات مقره‌ها در نواحی آلوده و مرطوب است، نماید [۲۰]. در صورت حضور چنین پوششی بر روی سطح، سطوح در مقابل آب ایمن شده و در نتیجه آلودگی‌های دیگر که در اثر حضور آب تمایل به حضور بر روی سطح خواهند داشت، از بین می‌روند. ضخامت این پوشش‌ها می‌تواند چندین نانومتر تا چندین میکرون باشد همچنین این پوشش می‌تواند شفاف، کدر، رنگی و یا غیر رنگی باشد. لازم به ذکر است که در صورت استفاده از این پوشش‌ها دیگر نیاز به شستشوی مقره‌ها در فصول مختلف سال نمی‌باشد. ضمن اینکه مشکلات تخلیه جزئی و قطع شدن برق که نارضایتی‌های زیادی را پدید می‌آورد نیز از بین می‌رود [۲۱].

نحوه قرارگیری قطره آب بر روی سطح قبل و بعد از اعمال پوشش در شکل ۱۴ مشاهده می‌گردد. همان‌طور که در این شکل مشخص است، قبل از اعمال پوشش قطره آب کاملاً بر روی سطح پخش شده و سطح آن را خیس می‌کند اما پس از اعمال پوشش، قطره آب جمع شده و سطح را تر نمی‌کند. از دیگر مزایای پوشش اعمال‌شده شفافیت آن می‌باشد که امکان کاربرد آن را در اجسام مختلف و صنایع گوناگون فراهم می‌سازد.



شکل ۱۴. سمت راست، مقره قبل از پوشش‌دهی و خیس شدن سطح آن با آب و در قسمت سمت چپ، نحوه قرارگیری قطره آب بر روی مقره بعد از اعمال پوشش.

پی‌نوشت‌ها

1 lightning arrester

2 varistor

3 Voltage Dependent Resistors

۲ برای پیرسازی وریستورها مطابق با استاندارد IEC 60099-4، وریستور به مدت ۱۰۰۰ ساعت تحت ولتاژ نامی در دمای ۱۵۰ درجه قرار می‌گیرد. در این صورت مشخصات الکتریکی وریستور افت می‌کند و به اصطلاح وریستور پیر می‌شود.

۵ برای سادگی از این به بعد ترانس گفته می‌شود.

6 Magnetic Saturation

7 Coercive Field

8 Melt Spinning

9 Cross Arm

۱۰ نانو کامپوزیت نوع خاصی از کامپوزیت است با این تفاوت که یک جز از مواد نانو ساختار در داخل آن وجود دارد.

11 Organo-Silicon

12 Superhydrophobisity

13 Self Cleaning

مراجع

1 <http://nano.enertech-co.com/2/include/about.html>

2 D. Clerk, "Varistors Ceramics," J.Am.Cer.Soc, vol. 82, pp. 482-502, 1999

3 P.A. Santos, S. Maruchin, G.F. Menegoto, A.J. Zara, S.A. Pianaro, "The sintering time influence on the electrical and microstructural characteristics of SnO₂ varistor," Materials Letters, vol. 60, pp1554- 1557, 2006.

4 Guangliang Hu and A B Glot, "Effect of CuO addition on the microstructure and electrical properties of SnO₂-based varistor," J.Mater.Sci.Mater.Elec. Vol.24, Pp.2944-49, 2013.

۵ پژوهشگاه نیرو، کارنامه پژوهشی سال ۱۳۹۲.

6 Rajesh, E. and Prabhu, K. Narayan, Characteristics of Transformer Oil by Addition of Aluminium Nanoparticles, ASTM International, 8, 2, (2011), pp.1-11.

7 Singh A.K., Thermal Conductivity of Nanofluids, review paper, Defence Science, 58, 5, (2008), pp.600-607.

8 Chen L. and Xie H., Silicon Oil based multi walled carbon nano tubes nano fluid with optimized thermal conductivity enhancement, Colloids and surface A: Physiochemical and Engineering Aspects, 30402, (2009), pp.633-636.

9 L. Syam Sundar, Manoj K. Singh, E. Venkata Ramana, Budhendra Singh, José Grácio & Antonio C. M. Sousa, Enhanced Thermal Conductivity and Viscosity of Nanodiamond-Nickel Nanocomposite Nanofluids, Scientific, 4039, (2014), pp. 25-32.

۱۰ قضااتلو، رشیدی و شریعی نیاسر «کاربرد حرارتی نانوسیلیات گرافنی در ترانسفورماتور»، دومین کنفرانس تخصصی فناوری نانو در صنعت برق و انرژی، اردیبهشت ۱۳۹۳.

۱۳ «فصلنامه کامپوزیت»، سال سوم، شماره ۱۲، صفحه ۶، زمستان ۱۳۸۲

15 Eichhon, "Current Internatinal Research into Cellulose Nanofibers and Nanocomposites", Journal Material Science", Vol.45, pp.1-33, 2010.

۱۶ فراهانی، محمد علی آبادی، نانوذرات متنوع برای دارورسانی، طراحی فرآیند ضدآب کردن مصالح ساختمانی با فناوری نانو، ماهنامه فناوری نانو، سال دوازدهم اردیبهشت ۱۳۹۲ شماره ۲.

۱۷ محمدی، فرشته، ارشاد لنگرودی، امیر، بررسی اثر افزودن نانوذرات سیلیکا بر روی خصوصیات حفاظتی پوشش های اکریلیکی، مجله مواد و فناوری های پیشرفته، جلد ۲، شماره ۳، پائیز ۱۳۹۲.

۱۸ پورعلی، صادق، دهقانان، بررسی رفتار خوردگی آرماتورهای فولادی در بتن های حاوی الیاف رزین اپوکسی در محیط آبی حاوی ۵٪ وزنی سدیم کلراید، چهاردهمین کنگره ملی خوردگی، تهران، انجمن خوردگی ایران، دانشکده فنی دانشگاه تهران، ۱۳۹۲.

19 Minglin Ma, Randal M. Hill, "Superhydrophobic surfaces", Current Opinion in Colloid & Interface Science 11 (2006) 193–202.

20 Carlo G. Pantano, "Glass Surfaces: New Engineered", Department of Materials Science and Engineering, 2003.

21 Ka Ming, "Self-cleaning Windows", Institute of NanoMaterials and NanoTechnology, Hong Kong University of Science and Technology, 2005.

مجموعه نرم افزارهای «نانو و صنعت»



مجموعه نرم افزارهای نانو و صنعت با هدف معرفی کاربردهای فناوری نانو در بخش ها و صنایع مختلف طراحی و منتشر شده است. در این نرم افزار اطلاعاتی مفید و کاربردی در قالب فیلم مستند، مقاله، کتاب الکترونیکی و مصاحبه با کارشناسان، در اختیار فعالان صنعتی کشور و علاقمندان به فناوری نانو قرار داده شده است.

تاکنون شش عنوان از مجموعه نرم افزارهای نانو و صنعت با موضوع کاربردهای فناوری نانو در صنایع «نفت»، «خودرو»، «نساجی»، «ساخت و ساز»، «بهداشت و سلامت» و «کشاورزی»، ارائه شده است.

مرکز پخش: ۶۶۸۷۱۲۵۹ - www.nanosun.ir

از مجموعه گزارش‌های صنعتی فناوری نانو منتشر شده است



- نماهای کامپوزیتی نانویی
- کاربرد پوشش‌های نانو در لوله‌های آب گرم
- ظروف آشپزخانه با پوشش نانویی
- تکمیل ضد آتش و دیرسوزی منسوجات
- نانوذرات لیپیدی، سامانه‌ای جدید برای دارورسانی
- نانومیسلا و نقش آنها در رهایش دارو
- نانوبلورهای دارویی فرمولاسیون جدید داروهای کم‌محلول
- نقش فناوری نانو در توسعه پیچ‌های پوستی
- کاربردهای فناوری نانو در سیمان حفاری
- کاربردهای فناوری نانو در گل حفاری
- کاربردهای فناوری نانو در صنعت نساجی
- بهره‌گیری از جاذب‌های نانو بر پایه آنروژل‌ها در حذف آلاینده‌های نفتی و تصفیه پساب‌های صنعتی
- کاربرد فناوری نانو در رنگ‌های آنتی‌استاتیک
- داروهای متصل شده به پادتن
- تصفیه آب با استفاده از غشاء پلیمری نانوفیلتراسیون
- نانو حسگرها جهت آزمایش‌های بیوشیمیایی
- متداول خون (تعیین میزان قند، چربی و...)
- نانو کامپوزیت‌های زیست‌تخریب‌پذیر برای بسته‌بندی مواد غذایی
- کاربرد فناوری نانو در رنگ‌های خودتمیز شونده
- کاربرد فناوری نانو در رنگ‌های ضدخش
- فناوری نانو در رنگ‌های آنتی‌باکتریال
- کاربرد فناوری نانو در عایق‌های حرارتی
- افزایش تولید و کیفیت محصولات کشاورزی با استفاده از نانوکودهای بیولوژیک
- کاربرد فناوری نانو در عایق‌های صوتی
- کاربرد فناوری نانو در صنعت چوب
- کاربرد فناوری نانو در تصفیه آب
- کاربرد فناوری نانو در تصفیه هوا
- کاربرد فناوری نانو در بتن‌های سبک
- کاربرد فناوری نانو در بتن
- نانولپیوزوم‌ها و نقش آنها در رهایش دارو
- کاربرد فناوری نانو در محیط‌های بیمارستانی
- کاربرد فناوری نانو در حسگرهای ساختمانی
- کاربرد فناوری نانو در عایق‌های رطوبت
- کاربرد فناوری نانو در لوله‌های بی‌صدای فاضلاب
- حذف آلاینده‌های آب با استفاده از نانوذرات آهن صفر ظرفیتی
- کاربرد فناوری نانو در صنعت ساختمان
- استفاده از غشاء نانولوله کربنی جهت نمک‌زدایی و تصفیه آب
- کاربرد فناوری نانو در کاشی و سرامیک
- غنی‌سازی محصولات کشاورزی با نانوکودهای کلاته آهن و روی
- کاربرد فناوری نانو در فرآیندهای ازدیاد برداشت نفت خام
- خشک کردن انجمادی پاششی
- کیتوسان پلیمری زیست‌تخریب‌پذیر در سامانه‌های دارورسانی
- فناوری نانو و بتن‌های ویژه
- کاربرد فناوری نانو در آنالیزگرهای جدید صنایع بالادستی نفت