استفاده از نانو پوششهای کامپوزیتی برروی تجهیزات عایقی نیروگاهی

نسترن ریاحی نوری علی مهدیخانی ناصر جعفری ندوشن

پژوهشگاه نیرو – گروه پژوهشی مواد غیرفلزی

چکیده:

پوششهای هیبریدی نانوکامپوزیتی (آلی-معدنی) با استفاده از فرآیند سل-ژل ایجاد می‌شوند. فرآیند سل-ژل بر پایه واکنش های هیدرولیز و تراکم پیش ماده‌های مولکولی انجام می‌گیرد که باعث ایجاد سل و در نهایت ژل می‌شود و با انجام عملیات گرمایی ژل به لایه نازک تبدیل می‌گردد. نانو پوششهای هیبریدی خواص منحصر به فرد فیزیکی و مکانیکی دارند. این پوششها بیشتر در ضخامتهای بسیار پایین (۱-۳ میکرون) ایجاد می‌گردند و در همین ضخامت کم خواص جالبی را ارائه می‌دهند. این پوششها خواص مکانیکی ویژه‌ای نظیر مقاومت در برابر خراش، خودگی، سایش، آبگریزی، ضد بخار گرفتگی و ... دارند.

با توجه به ویژگی های منصر به فرد این پوشش ها به نظر می رسد استفاده از آن در قسمت های مختلف تجهیزات نیروگاهی بتواند برخی از مشکلات این سطوح را مرتفع نماید. در این مقاله ضمن معرفی نانو پوشش های کامپوزیتی به بررسی امکان استفاده از آنها در تجهیزات مختلف نیروگاهی پرداخته خواهد شد.

واژه‌های کلیدی: پوشش، نانوساختار، نیروگاه ها، عایق ها

مقدمه:

ایده سطوح خود تمیز شونده در واقع برگرفته از طبیعت می باشد. بسیاری از سطوح در طبیعت به شدت آب گریز و دارای خواص خود تمیز شوندگی می باشند . طبیعت از این خواص در بیشتر اکوسیستم های شناخته شده خود از خرس قطبی گرفته تا اردکها، پروانه ها، سنجاقکها و برگ گیاهان استفاده می کند. بال پروانه ها [۱] برگ گیاهانی مانند کلم و تره تیزک هندی [۱] مثال هایی از این دست می باشند. برخی از گیاهان نامطلوب مانند سرو کوه[1] روزبندی و بسیاری از علف ها ی هرز به دلیل وجود ترکیبات مومی سطح برگ که منجر به آبگریزی آن می گردد را نمی توان با علف کش ها ی مبتنی بر آب به راحتی از بین برد. برای این منظور ترکیبات تری سیلوکسانی با خواص فوق مرطوب شوندگی ارائه شده اند که به خاطر توانایی قابل توجه در خیس کردن سطوح شدیدا آب گریز منجر به افزایش اثر علف کش می شوند

[1] Ulex europeaus

Archive of SID

www.SID.ir

[۳]. بهترین نمونه شناخته شده از سطوح خود تمیز شونده آبگریز سطح برگ گیاه نیلوفر آبی یا لوتوس با نام علمی *Nelumbo nucifera* می باشد که در بخش های بعدی به بررسی کامل و جامع سطح برگ این گیاه و گیاهان مشابه آن پرداخته می شود.

اما به طور کلی پوشش های خود تمیز شونده را می توان به دو دسته تقسیم کرد: ۱) پوشش های آبگریز ۲) پوشش های آبدوست. مکانیسم عمل هر دو نوع به وجود آب وابسته است. سطوح آبگریز از طریق غلطاندن قطرات از روی سطح منجر به تمیز شدن می گردند و سطوح آبدوست از طریق مسطح شدن بر روی سطوح باعث جذب و انتقال آلودگی ها به بیرون می گردند. هرچند پوشش های آبدوست یک خاصیت اضافه تر نیز دارند و آن تخریب و شکست فتوکاتالیستی آلودگی های جذب شده بر روی سطح از طریق نور خورشید می باشد.

به طورکلی پوشش‌ها یکی از راه‌های ایجاد تغییر خواص در سطوح است. در اثر ایجاد پوشش برروی سطح می‌توان به خواص مناسبتری در سطح دست یافت و از آنجا که سطح همیشه بیشترین نقطه تماس محسوب می‌شود، لذا بیشترین تاثیر را در حین استفاده، به خصوص در مناطق آب و هوایی مختلف ایفا می‌کند. امروزه از پوشش‌ها جهت بهبود خواص سطحی استفاده زیادی می‌شود [۴]. یکی از انواع پوشش‌هایی که امروزه برای ایجاد خاصیت مناسب در شیشه‌ها مطرح است، پوشش‌های نانو سرامیکی است. این نانو پوشش‌های سرامیکی سبب می‌شوند که در سطح مقره، دو خاصیت مهم خودپالایندگی (Self Cleaning) و ابرآبگریزی (Super hydrophobisity) بوجود آید[۴و۱].

در اثر به وجود آمدن این دو خاصیت در صورت نشستن آلودگی برروی سطح مقره، در اثر برخورد نور خورشید این آلودگی به خودی خود تجزیه شده و با اولین بارندگی می‌تواند به طور خودکار شسته شود. قابل ذکر است که تجزیه شدن آلودگی در صورت نبودن رطوبت نیز به مرور زمان از سطح مقره کنده شده و سطح از حضور آلودگی پاک می‌گردد[۶و۵].

۲- استفاده از نانو پوشش های کامپوزیتی برروی عایق های مورد استفاده در نیروگاه ها

مقره‌های پرسلانی و شیشه‌ای که امروزه به صورت وسیعی در خطوط انتقال و توزیع استفاده می‌گردند، تحت تنش‌های الکتریکی و محیطی قرار می‌گیرند . 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 باند خشک معمولاً منجر به از کارافتادگی مقره‌ها می‌گردد. توقف جریان، خارج شدن خطوط از مدار و از کار افتادن خط در این وضعیت بروز کرده که سبب ایجاد خسارات جدی و صدمات اقتصادی زیادی می‌شود. راه‌حل مناسب جهت جلوگیری از این امر ایجاد پوشش برروی مقره‌ها می‌باشد . امروزه استفاده از پوشش‌های RTV یکی از راه‌های جلوگیری از این امر به حساب می‌آید. اما نکته حائز اهمیت این است که استفاده از این پوشش‌ها علاوه بر قیمت بالای مواد، چسبندگی مناسبی از خود نشان نمی‌دهند و پس از مدتی از سطح مقره به راحتی جدا می‌گردند. همچنین در حین اعمال این پوشش برروی مقره‌ها اتلاف زیادی وجود دارد. امروزه در بسیاری از نقاط دنیا (از جمله ژاپن، ایتالیا، آلمان و ...) برروی سطحوحی مانند شیشه از یک نانو پوشش سرامیکی خود پالاینده و ابر آبگریز استفاده می‌کنند که این پوشش علاوه بر این خاصیت، چسبندگی بسیار مناسبی با سطح مقره‌ها ایجاد می‌کند چرا که ذرات نانو دارای انرژی اکتیواسیون بالایی بوده و چسبندگی مناسبی با سطح، از خود نشان می‌دهند[۷و۵].

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، از بین می‌رود. همچنین در مقایسه با اعمال پوشش‌های RTV ضمن کاهش میزان تلفات، چسبندگی بسیار مناسبی از خود نشان می‌دهند که تمامی این موارد نشان از کارآیی بسیار مناسب این پوشش دارد. در ادامه به بررسی اجمالی در مورد خاصیت خودپالایندگی و ابرآبگریزی پرداخته می‌شود و سپس آزمون‌های الکتریکی صورت پذیرفته برروی مقره بشقابی KN ۱۲۰ به همراه نانو پوشش سرامیکی ارائه می‌گردد.

مکانیزم فرآیند خود پالایندگی به صورت زیر می‌باشد:

Archive of SID

www.SID.ir

۱ - اشعه UV منتشر شده از خورشید برروی پوشش سرامیکی به صورت پیوسته پیوندهای آلی را می‌شکند و آلودگی را تجزیه می‌کند (فرآیند فوتوکاتالیست).
۲ - وقتی باران یا آب بر سطح شیشه برخورد کرد، برروی سطح پوشش حرکت می‌کند و آلودگی را پاک می‌نماید.
۳ - با عمل فوتوکاتالیستی ، پوشش به کار رفته برروی سطح به طور کامل خشک و تمیز می‌شود و نقاط تر و یا آلوده بر جای نمی‌گذارد.

برای این منظور معمولاً از یک پوشش نازک نانوکریستالی (در حدود ۱۵ نانومتر) و اغلب از جنس TiO_2 بر روی سطح ایجاد می‌شود و قابلیت خود پالایندگی برروی سطح را برای مدت زمان طولانی ایجاد می‌کند. وقتی بر سطحی که پوشش فوتوکاتالیستی دی‌اکسید تیتانیوم دارد اشعه UV (چه از طریق منبع ماوراء بنفش و چه از طریق نور خورشید) بتابد دو اتفاق مهم برای دی اکسید تیتانیوم رخ می‌دهد[۸]:

۱ - نیروی اکسیدی قوی در آن ایجاد می شود.
۲ - پوشش، خاصیت آبدوستی پیدا می‌کند.

خاصیت اول سبب می‌شود باکتری‌ها و یا آلودگی‌های سطحی تخریب شوند و خاصیت دوم باعث می‌شود به سادگی آلودگی و ناپاکی‌ها از روی سطح در حضور آب شسته شود[۵و۴].

مزایای استفاده از نانو پوشش سرامیکی را می‌توان به صورت زیر برشمرد [۱۰ و ۹]:

- کاهش هزینه های نگهداری و مشکلات پاکیزگی

- سازگاری با محیط زیست

- خروج اتوماتیک گازهای نامناسب

خصوصیت ابرآبگریزی یکی دیگر از خصوصیات مهم و منحصر به فرد در توسعه نانوتکنولوژی محسوب می‌گردد[۱۰]. در صورت حضور چنین پوشش ابرآبگریزی برروی سطح، سطوح در مقابل آب ایمن شده و در نتیجه آلودگی‌های دیگر که در اثر حضور آب تمایل به حضور برروی سطح خواهند داشت، از بین می‌روند. ضخامت سطوحی که دارای پوشش ابرآبگریز هستند می‌تواند چندین نانومتر تا ۵۰ میکرون باشد همچنین این پوشش می‌تواند شفاف، کدر، رنگی و یا غیررنگی باشد.

در طبیعت سطوحی وجود دارند که دارای خاصیت خودپالایندگی هستند (از جمله برخی از گیاهان). از جمله دانشمندانی که برروی این پدیده اظهار نظر کردند، Nelumbo بود که بهترین نوع گیاهی را که دارای این خاصیت بود را برگ گل Lotis معرفی کرد.

این دانشمند ادعا کرد که این گیاه می‌تواند حتی وقتی این برگ گل در معرض آب گل آلود و کثیف قرار داشته باشد، سطحی پاکیزه داشته باشد[۴].

قطره آبی که روی سطح برگ گل Lotus وجود دارد، آلودگی و ناپاکی را با خود حمل می‌کند و سطح کاملا پاکیزه‌ای بر جای می‌گذارد.

بیولوژیست‌های انستیتوی Botanical در دانشگاه Bonn این پدیده را به طور دقیق مورد مطالعه و بررسی قرار دادند. آنها با مشاهده سطح این برگ در زیر میکروسکوپ نوری به این نتیجه رسیدند که یک مورفولوژی خاص برروی سطح برگ دلیل از بین رفتن آلودگی و آب می‌شود[۵].

مکانیزم فرآیند super hydrophobisity به این صورت است که وقتی که یک قطره آب سطح جامد برگ Lotus را لمس می‌کند، هم سطح جامد و هم قطره بوسیله هوا به طور همزمان احاطه می‌شوند. پس سه فاز در تماس با یکدیگر قرار می‌گیرند. جامد، مایع و گاز.

واکنش بین این سه باند فازی، شکل قطره را تعیین می‌کند. اینکه قطره چگونه سطح را خیس می‌کند حائز اهمیت است. یکی از راه‌های اندازه‌گیری آن، محاسبه زاویه تماس است. یک شیشه یا لعاب معمولی زاویه تماسی در حدود ۳۰ درجه ایجاد می‌کند. حال اگر سطح آن با یک تفلون یا هر ماده هیدروفوبیکی پوشش داده شود این زاویه به ۱۰۰ تا ۱۱۰ درجه می‌رسد. در حالیکه یک سطح با ساختار نانو زاویه تماسی بیش از ۱۶۰ درجه پیدا می‌کند. لذا یک سطح خشن و هیدروفوبیک با آب خیس نمی‌شود.

Archive of SID

www.SID.ir

۳- روش تحقیق :

با توجه به مطالب بیان شده و با توجه به اینکه سطوح مقره‌های پرسلانی همواره به دلیل آلودگی‌های محیطی در مناطق آلوده و مرطوب با مشکلاتی از جمله تخلیه الکتریکی روبرو هستند در این تحقیق نانو پوشش کامپوزیتی برروی مقرههای بشقابی به روش اسپری اعمال گردید و برخی از آزمون های مورد نیاز برروی آنها صورت پذیرفت.

برای این منظور نانو پودر دی اکسید تیتانیم و اکسی سیلیسیم (با نسبت ۵۰٪) با استفاده از یک بایندر پلیمری به صورت محلول درآمده و محلول حاصل بر سطح مقره اسپری شد و سپس مقره تحت یک عملیات حرارتی ^{o}C ۳۰۰-۲۰۰ قرار گرفت تا بایندر پلیمری از بین رفته و نانو پوشش سرامیکی بر سطح باقی بماند.

۴- نتایج و بحث:

اندازه گیری سطح تماس یکی از اولین آزمون هایی است که نشان دهنده میزان آبگریزی سطح مقره می باشد. برای این منظور آزمون اندازه گیری سطح تماس برروی سطح انجام شد. برای اطمینان از نتایج سطح تماس از هر نمونه با پوشش نانو و بدون وپشش نانو ۵ مرتبه، سطح تماس اندازه گیری و نتایج به صورت میانگین ارائه شد. نتایج حاصل از آزمون سطح تماس در جدول ۱، آورده شده است.

جدول ۱: نتایج حاصل از آزمون اندازه گیری سطح تماس

ردیف	نوع نمونه	میانگین زاویه تماس (درجه)
۱	نمونه بدون پوشش نانو	۱۱۸
۲	نمونه با پوشش نانو	۷۱

شکل ۱ نمایی از نحوه قرار گیری قطره آب بر سطح مقره های با پوشش نانو و بدون پوشش نانو را نشان می دهد.

الف

ب

شکل ۱- الف- تصویر مقره بشقابی بدون نانو پوشش و ب – تصویر مقره بشقابی ۱۲۰ KN همراه با نانو پوشش

در ادامه آزمون جرقه خیس برروی دو نوع مقره همراه با نانو پوشش و بدون نانو پوشش صورت پذیرفت. این آزمون که بر اساس استاندارد IEC 60-1 انجام شد و ولتاژ جرقه خیس در شرایط آلودگی را بررسی نمود. در این آزمون پس از اعمال آلودگی و رطوبت ولتاژ جرقه خیس

Archive of SID

www.SID.ir

اندازه‌گیری گردید و مجدداً تا ۵ مرتبه این آزمون تکرار شد نتایج برای هر دو نوع مقره همراه با نانو پوشش و بدون نانو پوشش بررسی گردید. نتایج این آزمون در جدول ۲ آورده شده است.

جدول ۲- نتایج آزمون جرقه خیس در شرایط آلودگی

نوع مقره	تعداد دفعات	ولتاژ تصحیح شده جرقه خیس در شرایط آلودگی (kV)
بشقابی همراه با نانو پوشش	۱	۴۷
	۲	۴۹
	۳	۵۳
	۴	۶۷
	۵	۷۹
بشقابی بدون نانو پوشش	۱	۴۵
	۲	۴۶
	۳	۴۷
	۴	۴۸
	۵	۴۹

همانگونه که از جدول ۲ مشخص است، در دفعات اول هر دو مقره همراه با نانو پوشش و بدون نانو پوشش تقریباً ولتاژ یکسانی از خود نشان دادند، ولی در دفعات ۲ الی ۵ همانگونه که مشاهده می شود مقره پرسلانی با نانو پوشش سرامیکی افزایش ولتاژ از خود نشان می دهد به گونه‌ای که در مرتبه ۵ به ولتاژ ۷۹kV می‌رسد که این ولتاژ جرقه برای مقره معمولی ۱۲۰KN است و در واقع پس از مدتی که از استفاده این نوع مقره در خط بگذرد حتی در حضور آلودگی، این مقره مانند مقره‌ای که در حالت طبیعی و بدون آلودگی قرار دارد، عمل خواهد کرد.

۵- نتیجه‌گیری نهایی:

با توجه به مطالب عنوان شده می‌توان چنین نتیجه‌گیری نمود که:

۱- امکان اعمال نانو پوشش‌های کامپوزیتی برروی سطح عایق های مورد استفاده در نیروگاه ها وجود دارد.

۲- در صورت اعمال نانو پوشش کامپوزیتی برروی سطح عایق های نیروگاهی، سطح خاصیت آبگریزی پیدا می‌کند و قطرات آب برروی سطح به صورت کروی قرار می‌گیرد.

۳- عایق های همراه با نانو پوشش کامپوزیتی، در آزمون جرقه خیس در دفعات بالاتر از یک بار، ولتاژ جرقه‌ای در حدود مقره در شرایط غیرآلوده پیدا می‌کنند.

مراجع :

1- Carlo G. Pantano, “Glass Surfaces: New Engineered”, Department of Materials Science and Engineering, 2003.
2- E. Duyuet, “Introduction to Hybrid Organic-Inorganic Materials”, 2000.
3- Cheol Park, et al., “Organic/Inorganic Hybrid Polymer / Nanocomposites”, Langley Research Center, 2002.
4- Ka Ming, “Self-cleaning Windows”, Institute of NanoMaterials and NanoTechnology, Hong Kong University of Science and Technology, 2005.
5- Martin Baumann, George Sakoske, “Learning From The Lotus Flower – Selfcleaning Coatings On Glass”, Ferro Color Glass & Performance Materials, 2001.
6- Virginie Romeç as, “Degradation of palmitic (hexadecanoic) acid deposited on self-cleaning glass: kinetics of disappearance, TiO_2-coated intermediate products and degradation pathways”, New J. Chem., 1999, 23, 365-373.
7- Minglin Ma, Randal M. Hill, “Superhydrophobic surfaces”, Current Opinion in Colloid & Interface Science 11 (2006) 193–202.
8- T. Kemmitt, et al., “Photocatalytic titania coatings”, Current Applied Physics 4 (2004) 189–192.
9- T. Watanabe, “Photocatalytic activity and photoinduced hydrophilicity of titanium dioxide coated glass”, Thin Solid Films 351 (1999) 260-263

Archive of SID

www.SID.ir

Materials Science and Engineering B xxx (2006) xxx–xxx.

10- C.J. Tavares, “Reactive sputtering deposition of photocatalytic TiO2 thin films on glass substrates”,

Archive of SID

www.SID.ir