نانو و صنعت

مجموعه گزارش‌های صنعتی فناوری نانو • گزارش شماره ۲۵۴

صنایع هوایی

کاربردهای فناوری نانو در تولید پوشش‌های پلی‌اورتان ضد اسکاید رول

INDnano.ir

ستاد ویژه توسعه فناوری نانو • www.nano.ir

شناسنامه

ستاد ویژه توسعه فناوری‌نانو

گروه رصد و تولید محتوای بخش ترویج صنعتی

طراحی و اجرا: توسعه فناوری مهرویژن

سال انتشار: ۱۴۰۱

نظارت: داود قرایلو

تلفن: ۰۲۱-۶۳۱۰۰

پست الکترونیک: IND@nano.ir

نمابر: ۰۲۱-۶۳۱۰۶۳۱۰

صندوق پستی: ۳۴۴-۱۴۵۶۵

پایگاه اینترنتی: www.nano.ir
www.INDnano.ir

تهیه‌کننده: شرکت نوآوران صنعت و نانوفناوری معین

اینستاگرام نانو و صنعت: @INDnano.ir

فهرست مطالب

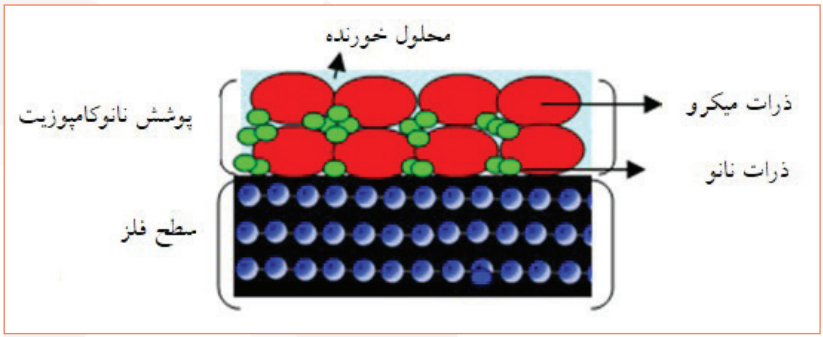
پوشش‌های سطحی ۳
پوشش‌های نانوکامپوزیت ۳
عوامل مؤثر بر پوشش‌های نانوکامپوزیت ۳
پوشش‌ها در صنعت هوافضا ۴
اسکایدرول ۴
پلی‌اورتان ۵
پوشش‌های پلی‌اورتان ۵
کاربردهای نانومواد در پوشش‌های پلی‌اورتان ۵
پوشش‌های نانوکامپوزیت پلی‌اورتان ۵
پوشش نانوکامپوزیت نانولوله کربن/پلی‌اورتان ۵
پوشش نانوکامپوزیت گرافن/ پلی‌اورتان و مشتقات گرافن/ پلی‌اورتان ۶
پوشش نانوکامپوزیت پلی‌اورتان/ نانوالماس ۶
پوشش نانوکامپوزیت پلی‌اورتان/ نانوسیلیکا ۶
تولیدکنندگان خارجی ۶
تولیدکنندگان داخلی ۶
بازار جهانی پوشش‌های هوافضا ۷
پی‌نوشت ۸
مراجع ۸

پوشش‌های سطحی

پوشش، از نقطه‌نظر مهندسی سطح، لایه‌ای از مواد است که بر روی یک بستر قرار می‌گیرد تا خواص سطح برای محافظت در برابر خوردگی و سایش را افزایش دهد. عوامل مؤثر بر انتخاب یک پوشش شامل محیط، طول عمر، سازگاری مواد بستر، شکل و اندازه اجزا و هزینه است. بیشتر پوشش‌های سطحی که در صنعت به کار می‌روند، بر پایه پلیمرهای مصنوعی هستند، موادی که به صورت صنعتی تولید می‌شوند و از مولکول‌های بسیار بزرگ و اغلب به هم پیوسته تشکیل شده‌اند که هنگام اعمال بر روی سطوح، لایه‌های چسبنده، انعطاف‌پذیر و سخت را تشکیل می‌دهند. پوشش‌های سطحی مبتنی بر پلیمر را می‌توان به عنوان مواد کامپوزیتی دو فازی متشکل از رنگدانه و سایر مواد افزودنی (مانند نانومواد) پراکنده در یک زمینه پیوسته از پلیمر درنظر گرفت [۱].

پوشش‌های نانوکامپوزیت

بررسی‌های اخیر نشان می‌دهد استفاده از پوشش‌های نانوکامپوزیت برای حفاظت از سطح فلزات در برابر خوردگی رشد چشمگیری داشته است[۲]. خوردگی شامل اکسیداسیون و احیای سطح می‌شود و یک پوشش برای دارا بودن خاصیت ضدخوردگی باید بتواند هر دو عامل اکسید و احیا را محدود کند[۳]. نانو کامپوزیت‌ها خاصیت ضدخوردگی خود را از ایجاد لایه فیزیکی بر روی سطح (که مشترک در اکثر پوشش‌ها است) و دیگری نقشی که نانومواد به‌کاررفته در ساختار آن‌ها در پر کردن فضاهای خالی بین سطح و پوشش ایجاد می‌کنند وام می‌گیرند (شکل ۱).



شکل ۱- نحوه پوشش نانوکامپوزیت‌ها

عوامل مؤثر بر پوشش‌های نانوکامپوزیت

به طور کلی ۴ عامل اصلی پوشش‌های نانوکامپوزیت را تحت تأثیر قرار می‌دهند:

۱- شکل و نوع نانوماده به‌کار رفته در ماتریس پلیمری؛

۲- غلظت نانوذرات پخش شده در ماتریس پلیمری؛

۳- اختلاط و هم‌زدن در طول فرآیند آماده‌سازی نانوکامپوزیت‌ها؛

۴- افزودنی‌ها (سورفاکتانت‌ها و...)[۴].

پوشش‌ها در صنعت هوافضا

بر کسی پوشیده نیست که صنعت هوافضا با سرعت زیادی در حال رشد است. برای نگهداری و حفظ عملکرد صحیح هواپیماها عوامل مختلفی باید درنظر گرفته شود و یکی از این عوامل رنگ یا پوشش آن‌ها است. این پوشش یا رنگ‌ها برای افزایش عمر سازه هواپیما استفاده می‌شود. جت‌ها، هواپیماها و هلیکوپترها با پوشش‌های پیشرفته برای حفظ ظاهر و محافظت از آن‌ها در برابر خوردگی لایه‌بندی شده‌اند. این پوشش‌ها شرایط محیطی سخت را تحمل می‌کنند و می‌توانند هم بر روی سطوح خارجی و هم در سطوح داخلی هواپیما مورداستفاده قرار گیرند. پوشش‌های مؤثر و با کیفیت برای محافظت از سطح هواپیما در برابر شرایط آب و هوایی سخت، افزایش مقاومت در برابر آلودگی و به حداقل رساندن مقاومت در برابر کشش مورد نیاز است. امروزه نیاز به پوشش در بخش هوافضا عمدتاً به دلیل تغییرات ناگهانی محیطی در حال افزایش است[۵].

اسکایدرول

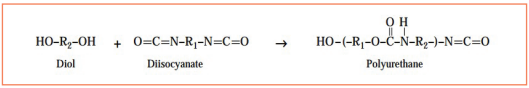
اسکایدرول یک سیال هیدرولیکی استاندارد مقاوم در برابر آتش است و ویسکوزیته پایینی را در دماهای بسیار پایین در ارتفاعات ۱۰۰۰۰ متری و بالاتر حفظ می‌کند که این دو ویژگی سبب استفاده آن در سیستم‌های هیدرولیکی هواپیما در صنعت هوانوردی شده است. اسکایدرول از استرهای آلکیل‌آریل فسفات و مواد افزودنی تشکیل شده است.[۶] اسکایدرول در سال ۱۹۴۰ توسط داگلاس[۱] توسعه داده شد و شرکت مونسانتو[۲] تولید آن را در ایالات‌متحده آغاز کرده و اخیراً شرکت ایست‌من[۳] نیز این محصول را به سبد محصولات خود اضافه کرده است[۷]. اسکایدرول دارای خاصیت خورندگی است (شکل ۳) و موادی که در اطراف سیستم‌های هیدرولیکی به‌کار گرفته می‌شوند هم باید باعث خوردگی سیال نشوند و هم خود دچار خوردگی توسط آن نشوند. از این رو موادی که در سیستم‌های هیدرولیکی هواپیما و مجاورت آن قرار می‌گیرند با وسواس زیادی توسط سازندگان صنعت هوانوردی انتخاب می‌شوند[۸].

شکل ۲- سیال هیدرولیکی اسکایدرول

شکل ۳- تأثیر خوردگی اسکایدرول بر بدنه هواپیما

پلی‌اورتان

اتو بایر[۴] و همکارانش در سال ۱۹۳۷ اولین کسانی بودند که پلی‌اورتان‌ها (PU)[۵] را در پاسخ به چالش رقابتی ناشی از کار کاروترز[۶] بر روی پلی‌آمیدها یا نایلون‌ها کشف کردند[۹]. پلی‌اورتان‌ها پلیمرهایی هستند که دارای ستون فقرات مولکولی متشکل از گروه‌های کاربامات ($-NHCO_2$) هستند. PUها از واکنش بین دی‌ایزوسیانات وگروه‌های پلی‌اُل به دست می‌آیند. در این واکنش هیدروژن از الکل به اتم نیتروژن گروه ایزوسیانات منتقل می‌شود و پیوند جدیدی بین کربن ایزوسیانات و اکسیژن الکل ایجاد می‌شود.(شکل ۱)



شکل ۴- واکنش تشکیل پلی‌اورتان

خواص مکانیکی PU را می‌توان با ایجاد تغییرات در شرایط سنتز تغییر یا اصلاح کرد [۱۰]. PUها به دلیل تطبیق‌پذیری کاربردهای گسترده‌ای در عایق‌کاری ساختمان‌ها، پوشش‌های سطحی، چسب‌ها، پلاستیک‌های جامد و پوشاک ورزشی پیدا کرده‌اند[۱۱].

پوشش‌های پلی‌اورتان

در دهه گذشته، روش‌های جدید طراحی مواد با مشارکت تحقیقات پلیمری و پوشش‌ها در دانشگاه‌ها و صنایع، سبب رشد چشمگیر پوشش‌های پلی‌اورتان شده است. تطبیق‌پذیری و اصلاح خواص پلی‌اورتان را می‌توان دلیل اصلی به‌کارگیری این پلیمر در صنعت پوشش‌ها دانست. پوشش‌های پلی‌اورتان دارای ویژگی‌های خوب بسیاری مانند مقاومت بالا در برابر سایش، ضدآب و ضداشتعال هستند. دو عامل پیشرو در به‌کارگیری پلی‌اورتان‌ها در بحث پوشش را می‌توان یکی کشف روش‌های جدید معماری ماکرومولکول‌ها به نام پلیمرهای دندریت پرشاخه[۷] و دیگری بحث فناوری نانو در ساخت نانوکامپوزیت‌های پلی‌اورتان دانست[۹].

کاربردهای نانومواد در پوشش‌های پلی‌اورتان

طیف گسترده‌ای از پرکننده‌های نانو برای تشکیل پوشش‌های نانوکامپوزیت PU مورداستفاده قرار گرفته‌اند. استفاده از نانومواد در ساختار پوشش‌های PU باعث اصلاح ساختاری این پوشش‌ها می‌شود (شکل ۱). خواص سطحی بهبود یافته نانوکامپوزیت پلی‌اورتان، مقاومت پوشش‌ها در برابر مواد شیمیایی خورنده، رطوبت، گرما و دافع‌های محیطی را تعیین می‌کند. بهبود خواص گفته شده سبب استفاده از این نانوکامپوزیت‌ها در صنایع مختلف از جمله صنعت پوشش هوانوردی شده است.

پوشش‌های نانوکامپوزیت پلی‌اورتان

در ادامه به بررسی انواع مختلف پوشش‌های نانوکامپوزیت پلی‌اورتان بر اساس نوع نانوذره به کار رفته می‌پردازیم.

پوشش نانوکامپوزیت نانولوله کربن/پلی‌اورتان

نانو ذرات کربنی به‌طور فزاینده‌ای در پوشش‌های آلی به‌کار گرفته می‌شوند [۱۲]. افزودن نانوذرات کربنی به ماتریس پلی‌اورتان سبب بهبود رفتار ضدسایش این پوشش و همچنین بهبود عملکرد تریبولوژی آن می‌شود [۱۳].

پوشش نانوکامپوزیت گرافن/ پلی‌اورتان و مشتقات گرافن/ پلی‌اورتان

گرافن دارای ویژگی‌های ضدخوردگی خوب، خواص مکانیکی بالا، شفافیت بالا و پایداری شیمیایی و حرارتی برای استفاده به عنوان ماده پوششی است. خواص ضدخوردگی پوشش‌های این نوع نانوکامپوزیت را می‌توان به نسبت ابعاد بالای گرافن و پراکندگی نانوپرکننده در ماتریس پلیمر نسبت داد [۱۳].

پوشش نانوکامپوزیت پلی‌اورتان/ نانوالماس

تقویت‌کننده‌های نانوالماس در پلی‌اورتان سبب بهبود ویژگی‌های تریبولوژیکی مانند توانایی تحمل بار، مقاومت در برابر پارگی، ضداصطکاک و استحکام می‌شوند. تفاوت در رفتار تریبولوژیکی نسبت به خود پوشش پلی‌اورتان را می‌توان با لایه‌های سطحی ایجاد شده نانوالماس در ماتریس پلیمر مرتبط دانست [۱۳].

پوشش نانوکامپوزیت پلی‌اورتان/ نانوسیلیکا

بهبود خواص فیزیکی و پایداری حرارتی با افزودن ذرات سیلیکا در مقیاس نانو به پلیمرها گزارش شده است. افزودن ذرات سیلیکا در مقیاس متوسط به پلیمرهای مختلف به‌طور قابل توجهی سرعت انتشار حرارت پلیمرها را کاهش می‌دهد [۹].

تولیدکنندگان خارجی

شرکت‌هایی در جهان اقدام به تولید پوشش‌های مقاوم به اسکایدرول بر پایه پلی‌اورتان کرده‌اند که به بررسی آن‌ها می‌پردازیم.

شرکت Akzo Nobel

AkzoNobel یک شرکت بزرگ جهانی است که در زمینه تولید رنگ و مواد شیمیایی تخصصی فعالیت دارد. دفتر مرکزی این شرکت در هلند است. تا سال ۲۰۱۴ این شرکت بزرگ‌ترین تولیدکننده رنگ و پوشش در جهان از نظر فروش بود. در سال ۲۰۱۸، AkzoNobel پس از PPG Industries و Sherwin-Williams در رتبه سوم قرار گرفت. (www.akzonobel.com/en)

شرکت PPG

در سال ۱۸۸۳ با نام Pittsburgh Plate Glass توسط کاپیتان John B. Ford و John Pitcairn در پیتسبورگ، پنسیلوانیا تأسیس شد. امروزه PPG تأمین‌کننده جهانی رنگ، پوشش، محصولات نوری و مواد ویژه است. (www.ppg.com)

تولیدکنندگان داخلی

در ایران نیز شرکت گوهر فام موفق به تولید پوشش (رنگ) پلی‌اورتان مقاوم به اسکایدرول شده است.

شرکت گوهرفام

شرکت تولیدی و صنعتی گوهرفام در سال ۱۳۶۸ توسط جمعی از مدیران کارآمد صنایع که سابقه دیرین در زمینه تولید رنگ و پوشش‌های صنعتی داشته‌اند، تأسیس شده است. فعالیت این شرکت در حوزه تولید رنگ مایع،

پودری، لاک، پلاستیزول، فسفاته، چربی‌گیر و رزین است. طیف محصولاتی که این شرکت تولید می‌کند عبارتند از:

- پوشش خودرویی: تعمیراتی، پلاستیزول، فسفاته و چربی‌گیر؛
- پوشش‌های کویل؛
- رنگ‌های پودری؛
- رنگ‌های ساختمانی؛
- پوشش‌های ترافیکی؛
- پوشش‌های کف: (اپوکسی، پلی‌اورتان و...)؛
- پوشش‌های صنعتی؛
- انواع رزین‌های صنعتی.

شکل ۵- پوشش مقاوم به اسکایدرول شرکت گوهرفام

پوشش مقاوم به اسکایدرول این شرکت تحت عنوان تجاری AC-2281 RAL ارائه می‌شود. این محصول یک آستر پلی‌اورتان دوجزئی است. این پوشش در سطح خارجی هواپیما مورداستفاده قرار می‌گیرد و مقاومت خوبی در برابر مواد شیمیایی مختلف مانند مایعات هیدرولیکی (مثل اسکایدرول)، سوخت هواپیما و سایر عوامل خورنده دارد. با وارد کردن ذرات نانو به فرمولاسیون رنگ، ویسکوزیته آن افزایش می‌یابد و در نتیجه مقاومت در برابر شرشدگی رنگ بهبود می‌یابد.[۱۴].

بازار جهانی پوشش‌های هوافضا

اندازه بازار پوشش‌های هوافضا در سال ۲۰۱۹ از ۸۰۰ میلیون دلار فراتر رفت و قرار است بین سال‌های ۲۰۲۰ تا ۲۰۲۶ شاهد حدود ۶ درصد نرخ رشد مرکب سالانه باشد. افزایش تقاضا برای هواپیماهای تجاری همراه با حضور قوی بخش هوافضا و دفاع در منطقه آمریکای شمالی، رشد بازار را افزایش می‌دهد.

رزین پلی‌اورتان سریع‌ترین بخش در حال رشد است. رزین‌های پلی‌اورتان در بازار تا سال ۲۰۲۶ شاهد رشد بیش از ۶٫۵ درصدی خواهند بود. دلیل این موضوع را می‌توان به مزیت‌های این نوع رزین از جمله دوام، انعطاف‌پذیری، مقاومت در برابر سایش، لک شدن و مواد شیمیایی و غیره نسبت داد. همچنین این رزین‌ها مقاوت بالایی نسبت به خورندگی نور ماورا بنفش خورشید دارند.

پوشش‌های بیرونی بر بازار تسلط خواهند داشت. بخش پوشش‌های بیرونی احتمالاً با بیش از چهار پنجم سهم درآمد بر بازار تسلط خواهد داشت. تقاضای زیاد برای پوشش‌های هوافضا در کاربردهای بیرونی به دلیل نیاز به پوشش برای محافظت در برابر شرایط آب و هوایی شدید است.[۱۵]

پی‌نوشت‌ها

1- Douglas
2- Monsanto
3- Eastman
4- Otto Bayer
5- Polyurethan
6- Wallace Hume Carothers
7- Dendrytic hyperbranched polymers (HBDs)

مراجع

۱ britanica. surface coating 2016 [Available from: https://www.britannica.com/technology/surface-coating.

۲ Raju A, Lakshmi V, Prataap RV, Resmi V, Rajan T, Pavithran C, et al. Adduct modified nano-clay mineral dispersed polystyrene nanocomposites as advanced corrosion resistance coatings for aluminum alloys. Applied Clay Science. 2016;126:81-8.

۳ Talbot DEJ, Talbot JDR. Corrosion Science and Technology: CRC Press; 2019.

۴ Koch CC, Ovid'Ko IA, Seal S, Veprek S. Structural nanocrystalline materials: fundamentals and applications: Cambridge University Press; 2007.

۵ Deyab M. Anticorrosion properties of nanocomposites coatings: A critical review. Journal of Molecular Liquids. 2020;313:113533.

۶ aerospace coating.

۷ Buggy M, O'Byrne K. Effects of skydrol (a hydraulic fluid) on the network structure of TGDDM/DDS-based resins. Journal of applied polymer science. 1997;65(10):2025-30.

۸ hydraulics s. what is skydrol.

۹ Eastman Sydrol.

۱۰ Chattopadhyay DK, Raju K. Structural engineering of polyurethane coatings for high performance applications. Progress in polymer science. 2007;32(3):352-418.

۱۱ Calvete DP, Holguín DFR, Luna MP. Grafting polymer based in active polyurethane matrixes via free radical. Procedia Materials Science. 2015;9:491-5.

۱۲ Brazel CS, Rosen SL. Fundamental Principles of Polymeric Materials: Wiley; 2012.

۱۳ Jones FN, Nichols ME, Pappas SP. Organic coatings: science and technology: John Wiley & Sons; 2017.

۱۴ Kausar A. Polyurethane nanocomposite coatings: state of the art and perspectives. Polymer International. 2018;67(11):1470-7.