

مطالعه خواص فیزیکی و مکانیکی پلی اورتان تقویت شده با نانوذرات تیتانیا

صاحبلی منافی*^۱، مهدی طلائی^۲

۱- دانشیار، گروه مهندسی مواد، واحد شاهرود، دانشگاه آزاد اسلامی، شاهرود، سمنان، ایران

۲- کارشناس ارشد، گروه مهندسی مواد، واحد شاهرود، دانشگاه آزاد اسلامی، شاهرود، سمنان، ایران

*عهده دار مکاتبات: ali_manafi2005@yahoo.com

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۴/۱۱/۰۱، تاریخ پذیرش: ۱۳۹۵/۰۵/۲۸)

چکیده: در این پژوهش به بررسی اثر اضافه کردن نانوذرات تیتانیا به پلی اورتان پرداخته شده است و اثرات مکانیکی و شیمیایی آن مورد ارزیابی قرار گرفته است. نانوذرات اضافه شده به ترتیب با درصد وزنی ۰/۱، ۰/۵، ۱ و ۲ درصد وزنی بوده و اثر ساختارهای آناناز و روتایل بررسی شده‌اند. پس از مخلوط کردن نانوذرات تیتانیا با رنگ پلی اورتان، مواد حاصله را به مدت ۲ h با همزن آلتراسونیک، ۳ h با همزن معمولی و سپس به مدت یک ساعت با همزن آلتراسونیک مخلوط کرده و در آخر گاززدایی می‌شود. به خاطر کاهش میزان آگلومره، از پراکنده‌ساز متناسب با دستورالعمل شرکت سازنده استفاده شده است. نانوکامپوزیت به دست آمده به ضخامت $90 \mu\text{m}$ روی نمونه‌ها اعمال می‌شود. نمونه‌ها جهت آزمون‌های مقاومت به اشعه UV و مقاومت شیمیایی و مکانیکی تحت آزمایش قرار می‌گیرند. نتایج به دست آمده نشان دهنده این مطلب است که با اضافه کردن ۰/۱ درصد نانوذرات روتایل بهترین خواص فیزیکی و مکانیکی و مقاومت به اشعه UV حاصل می‌شود. از میکروسکوپ نوری برای بررسی مقدار پراکندگی نانوذرات و از میکروسکوپ AFM برای بررسی مورفولوژی سطح، استفاده گردید. سختی سطح نمونه‌ها و مقاومت به خراش، مقاومت به سایش و همچنین مقاومت به خوردگی آنها نیز مورد ارزیابی قرار گرفتند. نتایج نشان دهنده افزایش مقاومت به اشعه UV، پایداری بیشتر به ثابت ماندن رنگ، افزایش استحکام، سختی، مقاومت به خوردگی، مقاومت به خراشیدگی و افزایش طول عمر است و باعث کاهش هزینه‌های نگهداری و تعمیرات پوشش و همچنین کاهش آسیب به محیط زیست می‌شود.

واژه‌های کلیدی:

نانوذرات تیتانیا، پراکنده‌ساز، پلی اورتان، مورفولوژی، خواص مکانیکی، فتوکاتالیست.

۱- مقدمه

[۱-۲، ۴]. این سه عامل را می‌توان به این شکل نیز دسته‌بندی کرد که باعث از بین رفتن کارایی پوشش می‌شوند: ۱- نیروی چسبندگی ضعیف بین پوشش و زیرلایه، از تخریب توسط عواملی مانند اسیدها و نمک‌ها و ۳- نفوذ یون‌هایی مانند Na^+ و Cl^- که باعث خوردگی الکتروشیمیایی می‌شوند [۵-۸]. نفوذ اشعه خورشید می‌تواند باعث تخریب زنجیرهای عرضی و جانبی

پلی اورتان به عنوان یکی از پوشش‌های اصلی در صنایع مختلف از قبیل خودرو، نفت و پتروشیمی، سازه‌های فلزی و ... به خاطر پایداری آنها در شرایط محیطی، استحکام بالا، پایداری اتمسفری، پایداری شیمیایی و اعمال آسان استفاده می‌شود [۱-۳]. اشعه UV، آب و اکسیژن سه عامل مهم در تخریب پوشش‌هایی هستند که در معرض شرایط محیطی قرار می‌گیرند

نانوذرات با داشتن سطح ویژه بالا، شدیداً تمایل به تجمع و ایجاد آگلومره دارند. از روش‌هایی که می‌تواند تا حدی از تشکیل آگلومره شدن جلوگیری کند، استفاده از نیروی برشی با دستگاه آلتراسونیک و همچنین استفاده از پراکنده‌سازها است. نیروی جاذبه نانوذرات با پلیمر در مقایسه با نیروی جاذبه بین نانوذرات کوچک است و نمی‌شود بیش از حد معینی از آنها در ترکیب استفاده کرد [۲۰-۲۳].

آناناز قدرت اکسیدکنندگی قوی تری نسبت به روتایل داشته و می‌تواند رادیکال فعال آزاد زیادتری تولید کند [۲۴-۲۶]، لذا در بسیاری از موارد نیاز است که قدرت فتوکاتالیستی این نانوذرات کنترل شود که این عمل با عملیات سیلان کاری انجام می‌شود [۲۳، ۲۷]. تحقیقات نشان داده‌اند هنگامی که از نانوذرات تیتانیا با مقدار ۵۰ - ۵۰ روتایل و آناناز در پوشش نانوکامپوزیت پلیمری حاوی ۵ درصد نانوذرات استفاده شود، در گروه‌های CH_2 در بخش نرم پلیمر مقداری تخریب اتفاق افتاده و تبدیل به CO_2 و H_2O می‌شود، ولی تجزیه نوری زیاد نیست و به عبارتی دیگر پلیمر تحت شرایط تجزیه فتوکاتالیستی شدید قرار ندارد [۲۸]. در این پژوهش، بررسی اثر اضافه کردن نانوذرات تیتانیا به پلی‌اورتان و مشخصه‌یابی اثرات مکانیکی و شیمیایی صورت می‌گیرد. همچنین آزمایش‌های مورفولوژیکی، ساختاری، سختی سطح نمونه‌ها و مقاومت به خراش، مقاومت به سایش و همچنین مقاومت به خوردگی آنها نیز مورد ارزیابی قرار می‌گیرد. هدف این تحقیق این است که بتوان گام بلندی در جهت پیشرفت کاربرد مهندسی سطح برداشت که باعث کاهش هزینه‌های نگهداری و تعمیرات پوشش و همچنین کاهش آسیب به محیط زیست می‌شود.

۲- مواد و روش انجام تحقیق

۲-۱- مواد اولیه و تجهیزات

مواد اولیه مورد استفاده شامل نانوذرات تیتانیا فاز روتایل با اندازه متوسط ذرات 30nm و نانوذرات فاز آناناز با اندازه متوسط 25nm شرکت دگوسا و پراکنده‌ساز متوکسی پروپیل استات

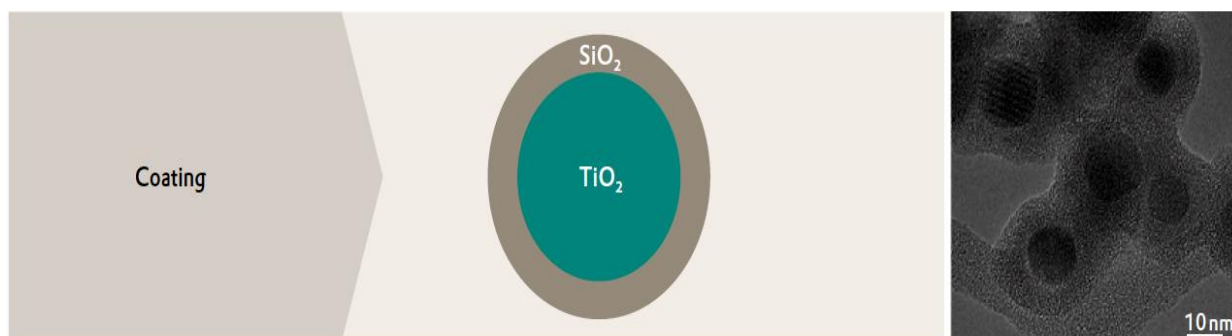
و فتواکسیداسیون باندها و بخش‌های مختلف پلیمر شده که در نهایت منجر به از بین رفتن کارایی آن شود. اندازه‌گیری تغییرات رنگ، یک آنالیز غیر مخرب بوده که می‌تواند میزان تخریب پوشش را هنگامی که در معرض نور قرار می‌گیرد، مشخص کند [۹]. اخیراً یکی از روش‌هایی که به طور گسترده برای بهبود کارایی پوشش‌ها استفاده می‌شود، بکارگیری نانوذرات و ایجاد یک نانوکامپوزیت می‌باشد که هم باعث افزایش خواص مکانیکی و هم مقاومت به اشعه UV پوشش می‌شود و یکی از این نوع نانوذرات، تیتانیا است [۱۰-۱۱]. همچنین به خاطر سختی مناسب و استحکام بالا در پوشش‌های هیدروکسی آپاتیت، افزایش مقدار تیتانیا تا ۲۰ درصد وزنی باعث افزایش استحکام پوشش می‌شود [۱۲]. تیتانیا سه حالت بلوری دارد که شامل ساختارهای آناناز، روتایل و بروکیت است که هر کدام ساختار و خصوصیت متفاوتی دارد [۱۳]. پوشش‌های حاوی نانوذرات TiO_2 به دلیل خاصیت فتوکاتالیستی که دارند، در اثر تابش اشعه UV زوج الکترون-حفره در ذرات ایجاد می‌شود و این الکترون‌ها به سطح فلزی که قرار است محافظ شود (زیرلایه) منتقل شده و سبب حفاظت کاتدی سطح زیرلایه در مقابل خوردگی می‌شوند [۱۴]، لذا این نانوذرات علاوه بر اثر حائلی در برابر اشعه UV به خاطر ضریب شکست بالای خود، اثر حفاظتی در پوشش ایجاد می‌کنند که می‌تواند در مقاومت به خوردگی زیرلایه مؤثر باشد [۱۳، ۱۵].

از تیتانیا در نیروگاه‌های خورشیدی برای کاربردهای ضد بازتاب نور نیز استفاده می‌شود [۱۶]. تحقیقات نشان داده که در ساخت سلول‌های خورشیدی با استفاده از روش پوشش‌دهی چرخشی نسبت به روش دکتر بلید، پوششی متراکم‌تر ایجاد می‌گردد [۱۷].

جذب فیزیکی تیتانیا در اثر نیروی چسبندگی ضعیف نیروهای واندروالس و باندهای هیدروژنی در سطح نانوذرات بوده و جذب شیمیایی آن نیز توسط تشکیل باندهای کووالانت مولکول سطح ذره است که باعث یک چسبندگی قوی بین زنجیرهای پلیمری و سطح نانوذرات می‌شود [۱۸-۱۹].

استفاده شده بطور کامل توسط SiO_2 به روش AEROXIDE یعنی هیدرولیز فلز تبخیر شده در شعله اکسی هیدروژن (بخور با اکسید فلز) پوشش داده شده است (شکل ۱).

(methoxy propyl acetate) شرکت افکونا بوده و همچنین پلی اورتان خالص پایه هیدروکسیل با مقدار ۶۰٪ جامد شرکت ایکالر و هاردنر ایزوسیانات همین شرکت می‌باشند. نانوذرات



شکل (۱): تصویر نانوذرات تیتانیا عملیات سطحی شده با سیلیس

در رابطه فوق، *L میزان سیاه و سفیدی، *a میزان قرمزی و سبزی و *b میزان زرد و آبی می‌باشد.

۲-۱-۴-۴-آزمون اشعه UV

مطابق استاندارد ASTM G53 نمونه‌ها به مدت ۸۰۰ h در محفظه حاوی لامپ اشعه UV مدل OSRAM-300W 230V تحت تشعشع UV قرار گرفته‌اند [۳۰-۳۱، ۳۳].

۲-۱-۴-۵-آزمون مه نمکی

از این آزمون برای بررسی رفتار نانوکامپوزیت در محیط‌هایی با شرایط خوردگی زیاد و خوردگی الکتروشیمیایی بوده و مطابق با استاندارد ASTM B117 نمونه‌ها به مدت ۳۰۰ h در محفظه آزمون قرار گرفتند [۳۴].

۲-۱-۴-۶-آزمون سختی

مطابق با استاندارد ASTM D3363, D4366 این آزمون برای بررسی سختی سطح پوشش‌های آلی که روی سطوح صلب مانند فلز و شیشه اعمال می‌شوند، استفاده می‌گردد. سختی عامل مهمی است که قدرت ویسکوالاستیک و به عبارتی مقاومت به سایش و خراش پوشش را نشان می‌دهد [۳۵].

۲-۱-۴-۱-میکروسکوپ نوری

از میکروسکوپ Olympus BX50 برای بررسی توزیع همگن نانوذرات و میزان و اندازه آگلومرها در نانوکامپوزیت استفاده شده است.

۲-۱-۴-۲-ضخامت سنجی

با استفاده از دستگاه Elcometer FN465 ضخامت پوشش توسط جریان‌های گردابی مطابق استاندارد ASTM D1400 اندازه‌گیری شد [۲۹].

۲-۱-۴-۳-اندازه‌گیری تغییرات رنگ

میزان تجزیه سطح نانوکامپوزیت با این روش قابل بررسی است. برای این امر، نمونه‌ها قبل و بعد از قرار گرفتن اشعه UV بررسی شدند. نمونه‌های تهیه شده مطابق استاندارد ASTM G154 تحت تابش متناوب اشعه UV و پاشش آب به مدت ۱۰۰۰ h قرار می‌گیرند. این آزمون با دستگاه (Miniscan XE Plus, H unter lab Co) انجام و تغییرات ΔE مطابق رابطه (۱) به دست می‌آید و مقادیر *L، *a و *b به صورت زیر تعریف می‌شود [۳۰-۳۲].

$$\Delta E^* = \sqrt{(\Delta L^*)^2 + (\Delta a^*)^2 + (\Delta b^*)^2} \quad (1)$$

جلوگیری از افزایش دما این عمل در داخل محفظه‌ای از آب و یخ انجام می‌گیرد و سپس ترکیب حاوی نانوذرات به مدت ۳ h با دور ۲۰۰۰ rpm در مخلوط کن مکانیکی، مخلوط می‌شود. مجدداً به مدت ۱ h آلتراسونیک شده و برای از بین بردن گازهای احتمالی هنگام مخلوط کردن، به مدت ۳۰ min گاز زدایی می‌شود.

در این مرحله به نسبت یک پنجم هاردنر به نانوکامپوزیت اضافه شده و به ۱۰ min هم زده می‌شود، لازم به ذکر است که مدت زمان مناسب برای اعمال رنگ، مطابق با دستورالعمل شرکت سازنده، حداکثر ۲ h بعد از اضافه کردن هاردنر است. بعد از تمیزکاری توسط آب مقطر و استون و خشک کردن سطوح زیرلایه، پوشش با فیلم کش در دمای اتاق روی دو نوع زیرلایه شیشه‌ای و ورق کربن استیل معمولی اعمال می‌شود. ضخامت فیلم خیس $150 \pm 5 \mu\text{m}$ و پس از خشک شدن به ضخامت $90 \pm 5 \mu\text{m}$ می‌رسد. به نانوکامپوزیت اعمال شده به مدت دو هفته برای کامل شدن واکنش‌های زنجیره‌ای و خشک شدن کامل زمان داده می‌شود. تغییر رنگ، موفولوژی سطح، مقاومت به خراش، سختی و مقاومت به خوردگی قبل و بعد از اینکه در معرض شرایط محیطی و اشعه UV قرار گرفتند، بررسی شده است.

جدول (۱): ترکیب‌های مختلف نانوکامپوزیت پلی‌اورتان

نوع نمونه‌ها	مقدار نانوذرات تیتانیا
Ref	.
0.1-R	۰/۱ درصد وزنی روتایل
0.1-A	۰/۱ درصد وزنی آاناتاز
0.5-R	۰/۵ درصد وزنی روتایل
0.5-A	۰/۵ درصد وزنی آاناتاز
1.0-R	۱ درصد وزنی روتایل
1.0-A	۱ درصد وزنی آاناتاز
2.0-A	۲ درصد وزنی آاناتاز
2.0-R	۲ درصد وزنی روتایل

۳- نتایج و بحث

۳-۱- نتایج میکروسکوپ نوری

۲-۱-۷- میکروسکوپ روبشی نیروی اتمی (AFM)

از دستگاه DualScopTM C-26 برای بررسی مورفولوژی سطح استفاده می‌شود و سطح نمونه‌ها 400 mm^2 بوده و میزان زبری با استفاده از نرم‌افزار به دست آمده که متوسطی از ۵ اندازه‌گیری است. در این میکروسکوپ سطح نمونه توسط یک سوزن به طول $2 \mu\text{m}$ و غالباً قطر نوک کمتر از 10 nm ، آنالیز می‌شود. تغییرات ارتفاع سوزن توسط یک لیزر اندازه‌گیری شده و اطلاعات جهت پایش به دستگاه رایانه منتقل می‌شود. مقدار متوسط زبری با S_a و جذر مربع آن با S_q مطابق رابطه‌های زیر به دست می‌آید [۳۶].

$$S_a = \frac{1}{MN} \sum_{k=1}^{M-1} \sum_{l=0}^{N-1} |z(x_k, y_l)| \quad (2)$$

$$S_q = \sqrt{\frac{1}{MN} \sum_{k=1}^{M-1} \sum_{l=0}^{N-1} (z(x_k, y_l))^2} \quad (3)$$

x_k و y_l مختصات فعلی، M و N تعداد نقاط در منطقه مورد نظرند

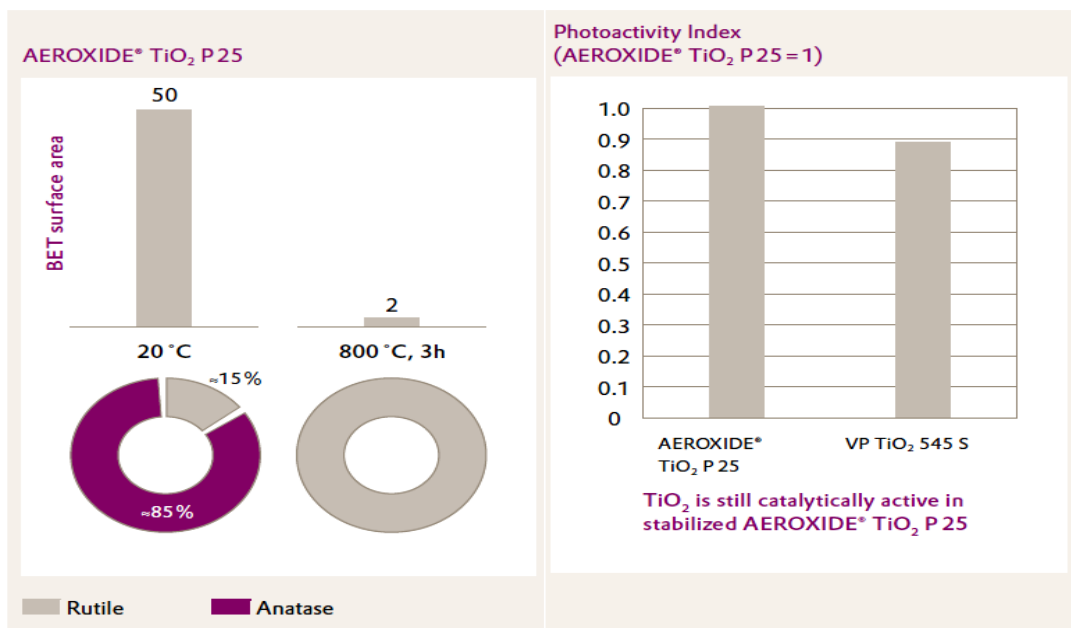
۲-۱-۸- آزمون خراش

این آزمون جهت مشخص کردن مقاومت به آسیب دیدن یک سطح صاف و هموار بکار برده می‌شود. نتایج به صورت نیرویی که توسط یک قلم فولادی به سطح یک پوشش آلی مانند رنگ، روغن جلا و لاک الکل اعمال می‌گردد، بررسی و بیان می‌شود. این آزمون تا هنگامی ادامه دارد که با اضافه کردن وزنه (فشار) روی سوزن فولادی، سطح پوشش دچار آسیب شود. تست خراش مطابق با استاندارد ASTM D5178 روی ورق فولادی انجام می‌شود [۳۷].

۲-۲- روش کار و ارزیابی

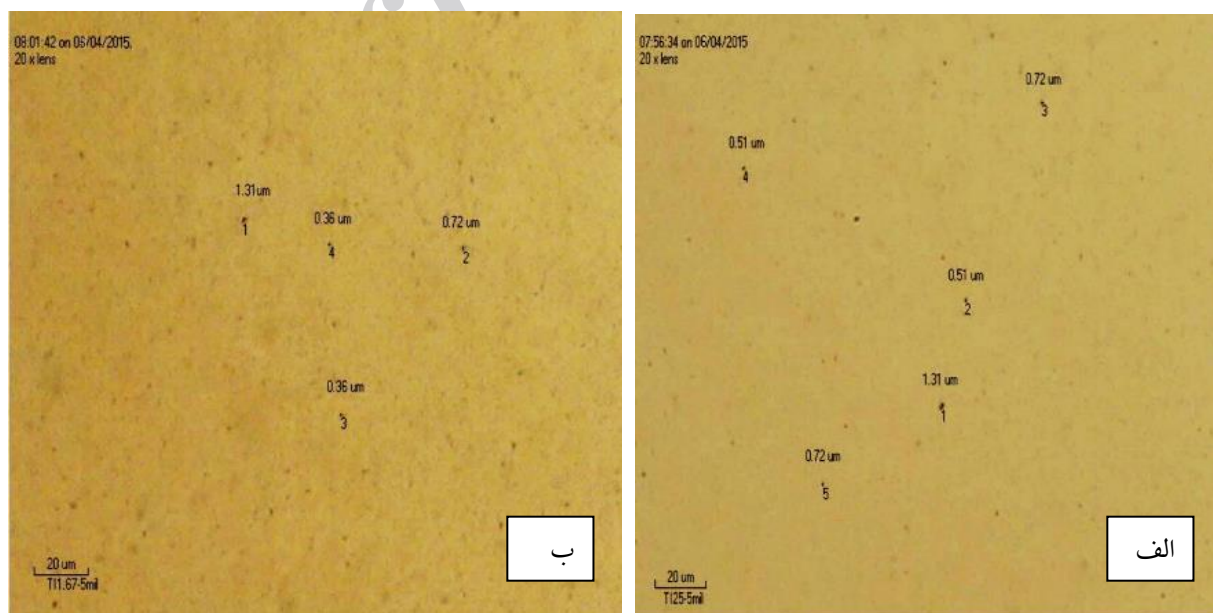
نانوذرات فاز روتایل و فاز آاناتاز به مقدار مشخصی از پلی‌اورتان اضافه شد تا ترکیب نانوکامپوزیت بعلاوه و یک پنجم هاردنر، مطابق جدول ۱ حاصل شود، پراکنده‌ساز افکونا (-AFCONA 4046) را با توجه به دستورالعمل شرکت سازنده به ترکیب اضافه و توسط امواج آلتراسونیک به مدت ۲ h هم زده می‌شود. برای

با توجه به گراف‌های شکل ۲ مشاهده می‌شود قدرت فتوکاتالیستی نانوذرات TiO₂ P25 کاهش نیافته است.



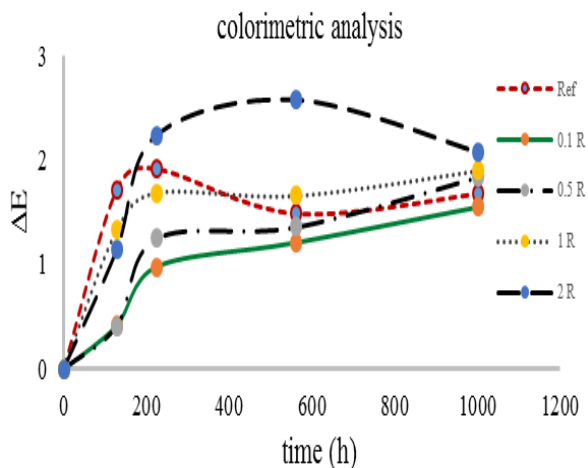
شکل (۲): میزان توان فتوکاتالیستی نانوذرات تیتانیا عملیات سطحی شده

در شکل ۳ تصاویر بدست آمده از میکروسکوپ نوری نمونه‌های نانوکامپوزیت با ۱/۱ و ۱ درصد وزنی نانوذرات روتایل دیده می‌شود و با توجه به تصاویر، بزرگترین آگلومره‌ها، ابعادی حدود یک میکرون دارند. در شکل (۳-الف) به علت وجود کمتر نانوذرات، نقاط آگلومره کمتر است. نانوذرات با انرژی سطحی بالا، علت تمایل شدید به تشکیل آگلومره است.



شکل (۳): تصاویر میکروسکوپ نوری از سطح نمونه‌های نانوکامپوزیت: (الف): ۱/۱ درصد وزنی روتایل و (ب): ۱ درصد وزنی روتایل

	225	77.80	-2.28	6.38	1.69
	560	77.43	-2.65	6.35	1.66
	1000	76.85	-3.23	5.92	1.90
2-R	0	76.35	-4.80	2.58	0
	128	76.72	-5.36	3.50	1.14
	225	76.98	-5.88	4.44	2.24
	560	77.25	-6.15	4.59	2.58
	1000	77.16	-5.67	4.29	2.08



شکل (۴): تغییرات رنگ با توجه به a^* و b^* و L^* به دست آمده از جدول

۲

۳-۳- مقاومت به اشعه UV

در شکل ۵ تصاویر توپوگرافی نمونه‌های پوشش خالص و نانوکامپوزیتی پلی‌اورتان با نانوذرات روتایل قبل از تابش اشعه UV نشان داده شده‌اند. به علت وجود نانوذرات، سطح نانوکامپوزیت نسبت به نمونه خالص دارای زبری بیشتری است و هرچه درصد نانوذرات پوشش افزایش می‌یابد سطح نیز زبرتر می‌شود.

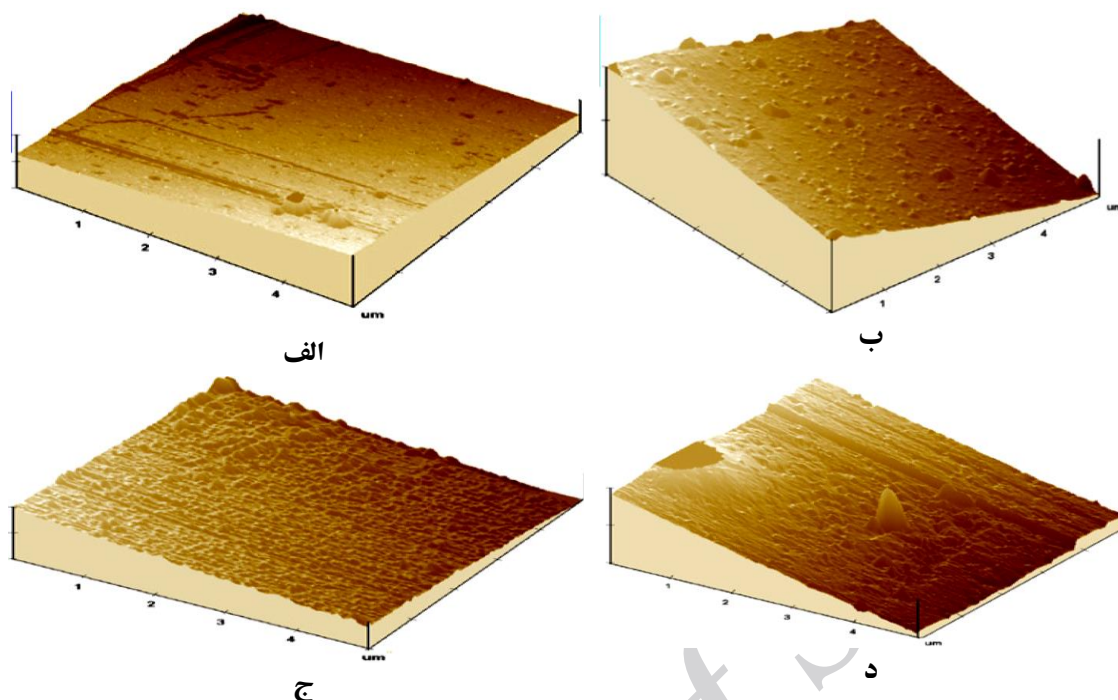
نتایج زبری قبل از تابش اشعه UV برای نمونه‌های حاوی فاز روتایل، با نرم‌افزار دستگاه به دست آمده و در جدول ۳ ذکر شده است. با توجه به نتایج مشخص می‌شود که زبری سطوح حاصله قبل از در معرض اشعه UV قرار گرفتن تفاوت چندانی ندارد.

۳-۲- آنالیز تغییر رنگ

میزان تخریب سطح پلی‌اورتان و نانوکامپوزیت‌ها قبل و بعد از تابش اشعه UV و پاشش آب در زمان‌های مشخص اندازه‌گیری شد و نتایج در جدول شماره ۲ درج شده و مقادیر L^* ، a^* و b^* به صورت گراف در شکل ۴ نشان داده شده است. با توجه به داده‌ها مشخص می‌شود که بیشترین ΔE مربوط به پوشش‌های دارای بیش از ۱ درصد وزنی نانوذرات است که نشان دهنده فعالیت‌های فتوکاتیویتی بیشتر و مقاومت به عبور نور و کداری بیشتر می‌باشد [۳۸]، فعالیت‌های فتوکاتالیستی TiO_2 بستگی به فاکتورهایی از قبیل روش آماده‌سازی، نوع ماده زیرلایه و قدرت چسبندگی به آن دارد [۳۹]. نانوکامپوزیتی که با ۱/۱ درصد نانوذرات نسبت به نمونه‌ی با ۱ درصد وزنی، برتری محسوس داشته و هر دوی آنها نیز نسبت به پلی‌اورتان خالص مقاومت بیشتری نسبت به تغییر رنگ و مقاومت به اشعه UV دارند. سطوح اصلاح شده نانوذرات TiO_2 با به دام انداختن هیدرواکسیدهای رادیکال باعث کاهش فعالیت‌های فتوکاتیویتی می‌شوند [۲۷، ۴۰].

جدول (۲): تغییرات رنگ نمونه‌ها قبل و بعد از تابش اشعه UV

نمونه‌ها	زمان (h)	L^*	a^*	b^*	ΔE
Ref	0	86.55	-3.57	0.73	0
	128	86.57	-3.76	2.44	1.72
	225	87.03	-3.76	2.58	1.92
	560	87.11	-3.70	2.11	1.49
	1000	86.04	-3.99	2.27	1.68
0.1-R	0	78.59	-3.03	3.09	0
	128	78.9	-3.06	2.8	0.42
	225	79.8	-3.09	2.67	0.98
	560	80.99	-3.14	2.46	1.21
	1000	82.53	-3.25	2.31	1.55
0.5-R	0	81.93	-2.55	4.94	0
	128	82.18	-2.49	5.26	0.41
	225	82.46	-2.69	6.08	1.26
	560	81.80	-2.74	6.27	1.35
	1000	80.45	-3.12	5.88	1.84
1-R	0	78.01	-2.07	4.80	0
	128	77.89	-2.19	5.98	1.33



شکل (۵): تصاویر توپوگرافی از نانو کامپوزیت‌ها قبل از تابش اشعه UV: (الف): نمونه خالص، (ب): ۰/۱ درصد وزنی، (ج): ۰/۵ درصد وزنی و (د): ۱ درصد وزنی روتایل

هنگامی که مقدار نانوذرات از ۱ درصد وزنی بیشتر می‌شود نرخ تخریب به سرعت افزایش می‌یابد و زبری سطح افزایش قابل توجهی دارد. اشعه UV با تشکیل هیدروپروکساید (hydro-peroxides) در حضور اکسیژن باعث تخریب نوری پوشش می‌شوند و این امر با حضور آب تشدید می‌شود.

علت کاهش میزان زبری و تخریب نانو کامپوزیت، تشکیل باندهای مستحکم بین زمینه و نانوذرات است ضمن اینکه نانوذرات تیتانیا به خاطر ماهیت سرامیکی خود، یک عامل با ضریب شکست بالا و جاذب اشعه UV بوده و مانع از نفوذ و تخریب پوشش می‌شود [۴۱-۴۲]. با افزایش میزان نانوذرات، تمایل به آگلومره زیاد شده و پراکندگی در پوشش ضعیف می‌شود، یعنی نقاطی ایجاد شده که اثر فتوکاتالیستی را تشدید می‌کنند. در مکان‌های آگلومره، میزان تشکیل باندهای مستحکم با زمینه به شدت کاهش یافته و حتی ممکن است فضای بین نانوذرات عاری از پلی اورتان بماند (ایجاد حفره هوا) و اندازه آنها به میکرون می‌رسد و خصوصیات نانوذراتی خود را از دست

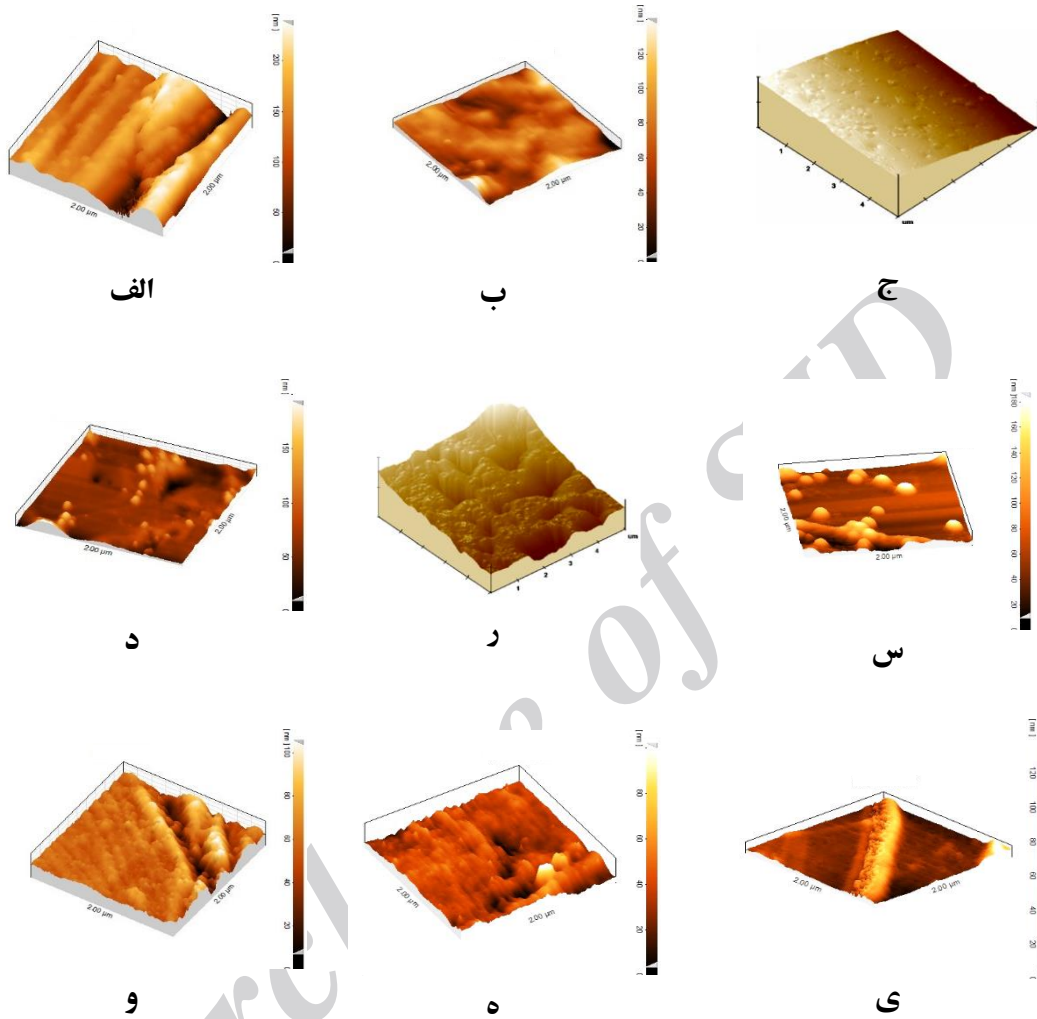
جدول (۳): زبری سطوح نمونه‌ها با درصد وزنی مختلف نانوذرات روتایل قبل از تابش اشعه UV

ردیف	نمونه‌ها	زبری سطح قبل از تابش (nm)
1	Ref	4.41
2	0.5-R	7.33
3	1.0-R	7.87
4	2.0-R	8.71

در شکل ۶ تصاویر توپوگرافی نمونه خالص و نانو کامپوزیت حاوی نانوذرات تیتانیا بعد از ۸۰۰ h تابش اشعه UV دیده می‌شود. با توجه به تصاویر بیشترین میزان آسیب سطح و تخریب پوشش به علت نفوذ اشعه UV، مربوط به نمونه پلی اورتان خالص است و بهترین عملکرد مربوط کمترین مقدار نانوذرات و نمونه با ۰/۱ درصد وزنی نانوذرات روتایل می‌باشد. با افزایش درصد نانو ذرات مقدار تخریب سطح نیز بیشتر می‌شود. نتایج حاصل از زبری در جدول ۴ گزارش شده است.

شکل ۷ که حاصل نتایج جدول ۴ است، گویای این مطلب است که پوشش نانو کامپوزیتی با نرخ‌های مختلفی تخریب شده است.

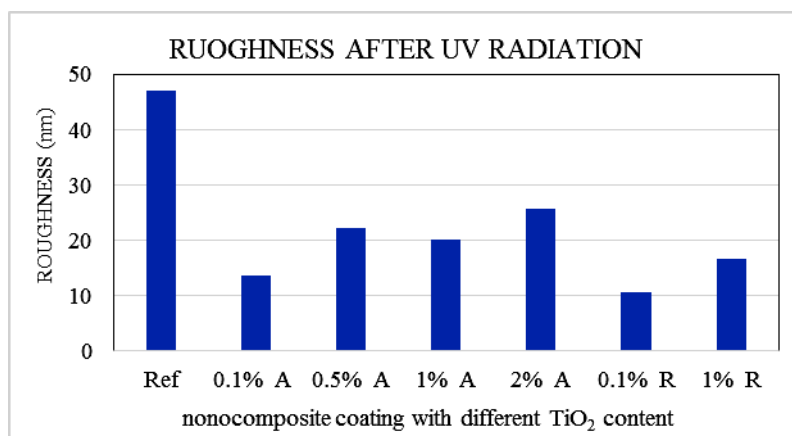
می‌دهند و در وزن مشخص، تعداد ذرات کمتری به عنوان سدی در برابر نفوذ اشعه UV عمل می‌کنند و تخریب پوشش سریعتر خواهد شد.



شکل (۶): تصاویر توپوگرافی از نانو کامپوزیت پلی‌اورتان حاوی نانوذرات روتایل و آاناتاز بعد از ۸۰۰ h تابش اشعه UV: (الف): نمونه خالص، (ب): ۰/۱ درصد وزنی روتایل، (ج): ۰/۵ درصد وزنی روتایل، (د): ۱ درصد وزنی روتایل و (ر): ۲ درصد وزنی روتایل، (س): ۰/۱ درصد وزنی آاناتاز، (و): ۰/۵ درصد وزنی آاناتاز، (ه): ۱ درصد وزنی آاناتاز و (ی): ۲ درصد وزنی آاناتاز

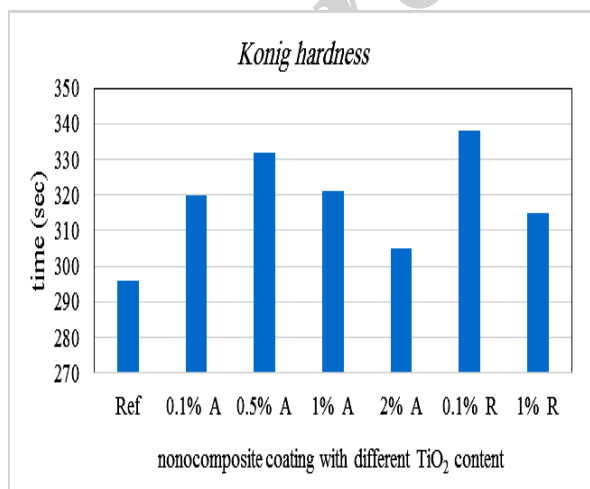
جدول (۴): زبری سطح بعد از آزمون UV به مدت ۸۰۰ h

ردیف	نمونه‌ها	زبری سطح (nm)
1	Ref	47
2	0.1-A	13.53
3	0.5-A	22.3
4	1-A	20.2
5	2-A	25.7
6	0.1-R	10.6
7	1-R	16.7



شکل (۷): نمودار زبری به دست آمده از تصاویر توپوگرافی بعد از ۸۰۰ h تابش اشعه UV (R= Rutile phase و A= Anatase phase)

فاز آناتاز بوده و نشان دهنده پیوند قوی نانوذرات با زمینه پلیمری است که باعث تقویت خاصیت ویسکوالاستیک پوشش و مقاومت بهتر در برابر شرایط محیطی از قبیل ضربه و سایش و خراش می شود. با افزایش نانوذرات تیتانیا سختی به تدریج کم و کمتر می شود تا جایی که با افزایش نانوذرات به میزان ۲ درصد وزنی سختی به طور محسوسی افت می کند [۴۳] که به خاطر تشکیل آگلومره در پوشش و کاهش مقدار پلیمری که ذرات را احاطه می کند، می باشد. همچنین باید به این نکته اشاره کرد که معمولاً فضای بین آگلومره ها خالی باقیمانده و یک نوع عدم اتصال بین پلیمر و ذرات نیز اتفاق می افتد.



شکل (۸): ترسیم سختی کونینگ به صورت گراف (A= Anatase phase و

R= Rutile phase)

۳-۴- آزمون سختی

با توجه به اینکه بسیاری از پوشش ها خاصیت ویسکوالاستیک دارند، استاندارد DIN 55945 سختی را به صورت مقاومت پوشش به نیروی مکانیکی از قبیل فشار، سایش و خراش تعریف می کند. برای پلی اورتان و نانوکامپوزیت ها از آزمون سختی سنجی پاندولی کونینگ استفاده شده است و سختی سنجی بر اساس زمان کاهش نوسان پاندول اندازه گیری می شود. پاندول دارای دو گوی فولاد ضدزنگ با وزن ۲۰۰ g و با زاویه ۶۰° روی سطح پوشش شروع به نوسان می کند و هنگامی که این زاویه به ۳۰° برسد، زمان اندازه گیری می شود. با توجه به رابطه فیزیکی بین زمان نوسان، ارتفاع و شکل هندسی پاندول، رفتار ویسکوالاستیک پوشش بیان کننده میزان سختی است.

با توجه به خاصیت الاستیسیته، زمان نوسان ممکن است طولانی (قوی) یا کم (ضعیف) باشد. اگر نیروی الاستیسیته وجود نداشته باشد زمان توقف کوتاه است و نیروی بازدارنده حرکت پاندول قوی است و هنگامی که الاستیسیته بالایی وجود داشته باشد نیروی بازدارنده حرکت پاندول کم است. مقادیر سختی کونینگ حاصل از نتایج، به صورت شکل ۸ ترسیم شده است.

با توجه به نتایج، پلی اورتان خالص ضعیف ترین سختی را دارد و هنگامی که با نانوذرات تیتانیا چه فاز روتایل و چه فاز آناتاز ترکیب می شود این سختی افزایش می یابد. بیشترین افزایش سختی مربوط به ۰/۱ درصد وزنی فاز روتایل و ۰/۵ درصد وزنی

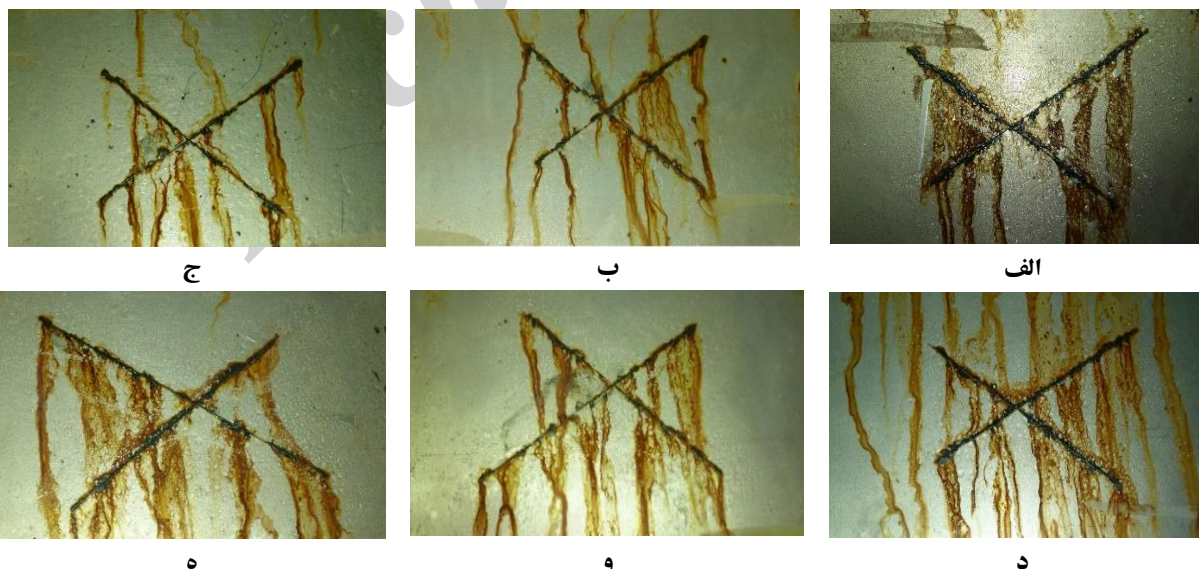
جدول (۵): مقادیر به دست آمده از سختی سنجی کونینگ

ردیف	نمونه‌ها	سختی کونینگ (S)
1	Ref	296
2	0.1-A	320
3	0.5-A	332
4	1-A	321
5	2-A	305
6	0.1-R	338
7	1-R	315

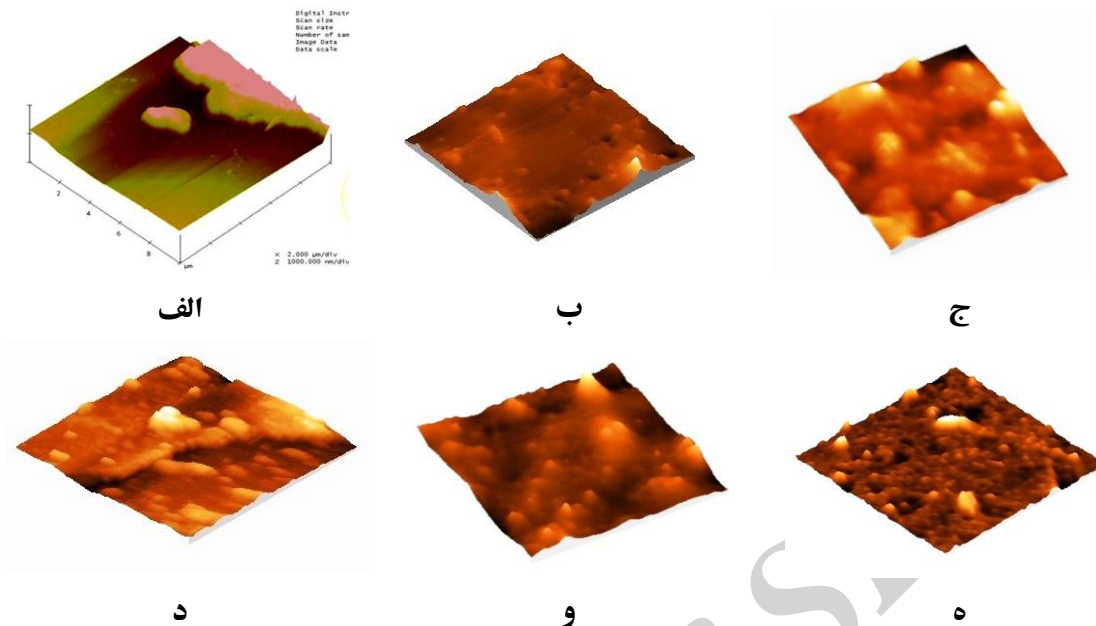
۳-۵-آزمون مه نمکی

نمونه‌های پلی‌اورتان خالص و نانو کامپوزیت با درصد وزنی ۰/۱، ۰/۵ و ۱ درصد وزنی حاوی نانوذرات روتایل و آاناتاز، روی فولاد ساده کربنی اعمال شده و به مدت ۳۰۰ h در محفظه آزمون مه نمکی مطابق ASTM B117 قرار گرفتند. روی نمونه‌ها، برشی بصورت X زده می‌شود و پشت نمونه‌ها و لبه‌های ورق فولادی با موم برای جلوگیری از نفوذ رطوبت و فعالیت‌های الکتروشیمیایی پوشانده شدند. مقدار خوردگی و میزان تاول زدگی بعد از سپری شدن زمان آزمون، مطابق استاندارد ASTM D610 مورد بررسی قرار می‌گیرد. با این روش می‌توان مقدار خوردگی روی زیرلایه، عملکرد سیستم پوشش و یا اثر هر دو را، تحت شرایط محیط خورنده ارزیابی نمود.

نمونه‌ها بعد از خروج از محفظه برای برداشتن نمک رسوب کرده روی سطح، با آب تمیز شده و بلافاصله خشک می‌شوند. با توجه به شکل ۹، تاول زدگی در تمام طول خراش در پلی‌اورتان خالص دیده می‌شود. در نمونه‌های با ۰/۱ درصد وزنی روتایل و ۰/۱ درصد وزنی آاناتاز کمترین میزان تاول زدگی و خوردگی زیرلایه دیده می‌شود. با افزایش درصد نانوذرات میزان خوردگی و تاول زدگی اطراف نواحی برش خورده بیشتر می‌شود. تصاویر توپوگرافی در شکل ۱۰ آورده شده و در جدول ۶ نتایج زبری سطح با استفاده از میکروسکوپ AFM درج شده است. در شکل ۱۱ نمودار نتایج زبری به صورت گراف مشاهده می‌شود. همانطور که از تصاویر توپوگرافی سطح نمونه‌ها مشخص می‌شود کمترین میزان زبری سطح مربوط به نانو کامپوزیت با مقادیر کمتر نانوذرات است که به علت آگلومره کمتر نسبت به نانو کامپوزیت با مقادیر بیشتر نانوذرات، باعث می‌شود که سطح نانوذرات توسط پلیمر بیشتری احاطه شود. لذا مسیرهای انتقال الکترولیت برای خوردگی کاهش یافته و در نتیجه مقاومت به خوردگی افزایش یافته است [۴۴-۴۵].



شکل (۹): تصاویر آزمون مه نمکی از نانو کامپوزیت با درصد وزنی متفاوت نانوذرات به مدت ۳۰۰ h تحت آزمون (الف): نمونه خالص، (ب): ۰/۱ درصد وزنی روتایل، (ج): ۰/۱ درصد وزنی آاناتاز، (د): ۰/۵ درصد وزنی آاناتاز، (و): ۱ درصد وزنی روتایل و (ه): ۱ درصد وزنی آاناتاز



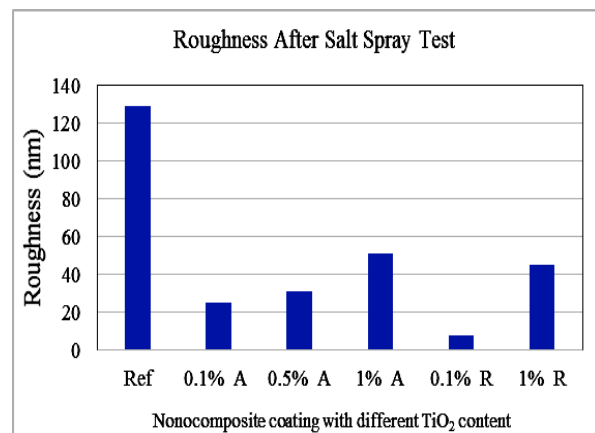
شکل (۱۰): تصاویر AFM توپوگرافی آزمون مه نمکی نانوکامپوزیت‌ها با درصد وزنی متفاوت نانوذرات به مدت ۳۰۰ h: (الف): نمونه خالص، (ب): ۰/۱ درصد وزنی روتایل، (ج): ۰/۱ درصد وزنی آاناتاز، (د): ۰/۵ درصد وزنی آاناتاز، (و): ۱ درصد وزنی روتایل و (ه): ۱ درصد وزنی آاناتاز

جدول (۶): مقادیر زبری به دست آمده از آزمون مه نمکی پوشش‌های نانوکامپوزیتی بعد از ۳۰۰ h تحت آزمون

ردیف	نمونه‌ها	زبری سطح (nm)
1	Ref	128.66
2	0.1-A	25.2
3	0.5-A	30.9
4	1-A	51.4
5	0.1-R	8.01
6	1-R	44.8

۳-۶- آزمون مقاومت به خراشیدگی
این آزمون با وزنه‌های ۲۰۰، ۳۰۰، ۵۰۰ و ۱۰۰۰ گرمی انجام شد. مطابق استاندارد ASTM D5178 ورقه فولادی به عنوان زیرلایه پوشش استفاده گردید. پوشش‌های استفاده شده شامل پلی اورتان خالص و نانوکامپوزیت با ۰/۱ و ۰/۵ درصد وزنی نانوذرات روتایل است. با توجه به نتایج (جدول ۷) مشخص می‌شود که نانوکامپوزیت حاوی ۰/۱ درصد وزنی فاز روتایل بیشترین مقاومت به خراش را داشته و حتی توانسته بار ۵۰۰ گرمی را نیز تحمل کند در صورتیکه نمونه خالص حداکثر بار قابل تحمل آن ۳۰۰ گرم است.

با افزایش مقدار نانوذرات توان مقاومت در برابر خراش کاهش می‌یابد. حاصل این نتایج، ایجاد مقاومت بیشتر به خراش به علت کمتر شدن تغییر شکل و دفرمه شدن کمتر پوشش در مقدار کمتر نانوذرات است [۴۳].



شکل (۱۱): گراف به دست آمده از زبری سطح پوشش بعد از ۳۰۰ h آزمون مه نمکی

جدول (۷): نتایج خراش روی پلی اورتان و نانوروتایل کامپوزیت‌ها (Y = accept scratch test, R = accept return test و N = reject)

فشار (g)	Ref		0.1-R		0.5-R	
	Scratch	Return	Scratch	Return	Scratch	Return
200	Y	R	Y	R	Y	R
300	Y	N	Y	R	Y	N
500			Y	N	Y	N
1000			N	N		

نانوذرات تیتانیا به خاطر ضریب شکست بالاتر، قدرت فتوکاتالیستی و توان تولید جفت الکترون و حفره، سختی بیشتر از اکسید روی [۴۸-۴۹] و همچنین ایجاد پیوند قویتر با زمینه، پلی اورتان را به شکل مؤثرتری تقویت کرده است.

براساس تحقیقات انجام شده از دو نوع نانوذرات آلومینا و اکسید روی برای تقویت، مقایسه‌ای بصورت جدول ۸ با توجه به نانو کامپوزیت به دست آمده از نانوذرات روتایل، صورت گرفته است [۴۶-۴۷]. با توجه به این نتایج می‌توان به این نکته رسید که

جدول (۸): مقایسه مقدار زبری به دست آمده از AFM توپوگرافی پلی اورتان خالص و تقویت شده با نانوذرات با ۰/۱ درصد وزنی بعد از آزمون‌های مه نمکی و

مقاومت به اشعه UV

نمونه‌ها	PU	PU + 0.1 % wt. ZnO	PU + 0.1 % wt. Al ₂ O ₃	PU + 0.1 % wt. Rutile
زبری سطح (nm)	-	35	35	30
Particle size (nm)	-	35	35	30
Salt spray	128.66	22.00	18.64	8.01
UV weathering	47.04	13.00	10.70	10.6

کاهش زمان طول عمر برای جلوگیری از آسیب‌های محیطی و یا ایزوله کردن در درجه اهمیت کمتری قرار دارد و ضمن اینکه هنوز طول عمر این پوشش از پلی اورتان خالص بیشتر می‌باشد.

۵- مراجع

- [1] F. Liu, Y. Hao, Z. Wang, H. Shi, E. Han & W. Ke, "Flaking and degradation of polyurethane coatings after 2 years of outdoor exposure in Lhasa", Vol. 55, pp. 650-655, 2010.
- [2] B. Ahmadi, M. Kassirha, K. Khodabakhshi & E. R. Mafi, "Synthesis and evaluation of water-reducible acrylic-alkyd resins with high hydrolytic stability", Prog. Org. Coat. Vol. 60, pp. 99-104, 2007.
- [3] S. Zhou, L. Wu, W. Shen & G. Gu, "Study on the morphology and tribological properties of acrylic based polyurethane/fumed silica composite coatings", J. Mater. Sci. Vol. 39, pp. 1593-1600, 2004.
- [4] M. Matkovic, I. Cubric & Z. Skenderi, "Thermal resistance of polyurethane-coated knitted fabrics

۴- نتیجه گیری

اضافه کردن ۰/۱ درصد وزنی نانوذرات تیتانیا باعث افزایش ممانعت فضایی و ایجاد باندهای قوی بین زمینه و نانوذرات شده و همچنین باعث افزایش قدرت ترکندگی و سازگاری خوب در پوشش نانو کامپوزیتی می‌شود. استحکام کششی و خواص مکانیکی بهبود یافته [۴۷] و باعث تثبیت رنگ و بهبود مقاومت به اشعه UV، استحکام، سختی، مقاومت به خوردگی، مقاومت به خراشیدگی و ایجاد قدرت خود تمیز شوندگی در پوشش می‌شود.

توصیه می‌شود در مناطقی که احتمال خوردگی میکروبی و باکتری شدید است و تابش اشعه UV همراه با حضور رطوبت وجود دارد، یا برای ایزوله کردن سطح محیط از میکروبی‌ها (مانند بیمارستان‌ها) از پوشش‌هایی با ۰/۱ درصد وزنی نانوذرات آاناتاز استفاده شود. ضمناً باید این نکته را در نظر داشت که به علت فعالیت بیشتر فتوکاتالیستی فاز آاناتاز نسبت به فاز روتایل، پوشش حاوی نانوذرات آاناتاز زودتر تخریب می‌شود ولی

- Thin Solid Films, Vol. 489, pp. 130-136, 2005.
- [15] M. Q. Zhang, M. Z. Rong, S. L. Yu, B. Wetzel & K. Friendrich, "Effect of particle surface treatment on the tribological performance of epoxy based nanocomposites", Vol. 253, pp. 1086-1093, 2002.
- [۱۶] ن. لاری، ش. آهنگرانی و ع. شانقی، "بررسی رفتار نوری پوشش‌های چندلایه کامپوزیت تیتانیا-سیلیکا اعمال شده با روش سل-ژل"، فصلنامه علمی پژوهشی فرآیندهای نوین در مهندسی مواد، سال نهم، شماره چهارم، صفحه ۱۷۳-۱۶۳، زمستان ۱۳۹۴.
- [۱۷] ح. ر. فرنوش، "رفتار الکتروشیمیایی و چسبندگی پوشش‌های الکتروفورتیک نانوساختار HA-TiO₂"، فصلنامه علمی پژوهشی فرآیندهای نوین در مهندسی مواد، سال دهم، شماره اول، صفحه ۸۹-۷۱، بهار ۱۳۹۵.
- [18] Y. C. Jung, N. G. Sahoo & J. W. Cho, "Polymeric nanocomposites of polyurethane block copolymers and functionalized multi-walled carbon nanotubes as crosslinkers". *Macromolecular Rapid Communications*, Vol. 2, pp. 126-131, 2006.
- [19] C. Grant Willson, C. M. Bates, J. Strahan & C. J. Ellison, "Surface treatments for alignment of block copolymers", (US 9120947 B2), 2015.
- [20] S. M. Mirabedini, M. Mohseni, Sh. Pazokifard & M. Esfandeh, "Effect of TiO₂ on the mechanical and adhesion properties of RTV silicone elastomer coatings", *Colloids Surf. A: Physicochem. Eng. Aspects*, Vol. 317, pp. 80-86, 2008.
- [21] M. Z. Rong, M. Q. Zhang, H. B. Wang & H. M. Zeng, "Surface modification of magnetic metal nanoparticles through irradiation graft polymerization", *Appl. Surf. Sci.*, Vol. 200, pp. 76-93, 2002.
- [22] Ch. Chen, M. Khobaib & D. Curliss, "Epoxy layered-silicate nanocomposites", *Prog. Org. Coat.*, Vol. 47, pp. 376-383, 2003.
- [23] M. Sabzi, S. M. Mirabedini, J. Zohuriaan-Mehr & M. Atai, "Surface modification of TiO₂ nanoparticles with silane coupling agent and investigation of its effect on the properties of polyurethane composite coating", *Prog. Org. Coat.*, Vol. 65, pp. 222-228, 2009
- [24] T. Kemmitt, N. I. Al-Salim, M. Waterland, V. J. Kennedy & A. Markwitz, "Photocatalytic titania before and after weathering", (Department of Textile Design and Management, Faculty of Textile Technology, University of Zagreb, Croatia), 2015.
- [5] T. H. Lim, S. M. Jeong, S. D. Kim & J. Gyenis, "Photocatalytic decomposition of NO by TiO₂ particles", *Journal of Photochemistry and Photobiology a-Chemistry*, Vol. 3, pp. 209-217, 2000.
- [6] E. Yousif & R. Haddad. "Photodegradation and photostabilization of polymers, especially polystyrene", *Springerplus*, Vol. 2, pp. 398, 2013.
- [7] D. Y. Perera, "Physical ageing of organic coatings", *Prog. Org. Coat.*, Vol. 47, pp. 61-76, 2003.
- [8] M. M. Jalili & S. Moradian, "Deterministic performance parameters for an automotive polyurethane clearcoat loaded with hydrophilic or hydrophobic nano-silica", *Prog. Org. Coat.*, Vol. 66, pp. 359-366, 2009.
- [9] G. Luciano, R. Leardi & P. Letardi, "Principal component analysis of colour measurements of patinas and coating systems for outdoor bronze monuments", *J. Cult. Heritage*, Vol. 10, pp. 331-337, 2009.
- [10] R. H. Caytonand & R. W. Brotzman Jr., "Nanocomposite coatings applications and properties," In *Materials Research Society Symposium Proceedings*, Vol. 703, 2002.
- [11] N. Negishi & K. T Akeuchi, "Preparation of TiO₂ thin film photocatalysts by dip coating using a highly viscous solvent", *J. Sol-Gel Sci. Tech*, Vol. 22, pp. 23-31, 2001.
- [۱۲] ف. مومنی و م. کاشفی تربتی، "بررسی اثر لایه نشانی دی اکسید تیتانیم (TiO₂) بر عملکرد سلول خورشیدی حساس شده با رنگدانه (DSSC)"، فصلنامه علمی پژوهشی فرآیندهای نوین در مهندسی مواد، سال نهم، شماره دوم، صفحه ۴۶-۳۹، تابستان ۱۳۹۴.
- [13] N. Barati & M. A. Faghihi Sani, "Coating of titania nanoparticles on stainless steel using an alkoxide precursor", *Prog. Color Colorants Coat*, Vol. 2, pp. 71-78, 2009
- [14] G. X. Shen, Y. C. Chen & C. J. Lin, "Corrosion protection of 316 L stainless steel by a TiO₂ nanoparticle coating prepared by sol-gel method",

- Resistance of Organic Coatings”, 2014.
- [37] ASTM D2244, “Standard Practice for Calculation of Color Tolerances and Color Differences from Instrumentally Measured Color Coordinates”, 2014.
- [38] Z. Luo, H. Cai, J. Liu, W. Hong & S. Tang, “Preparation of TiO₂ on the glass and hydrophilicity under sunlight irradiation”, *Key Eng. Mater.*, Vol. 280–283, pp. 827–830, 2005.
- [39] Lu. Ren, Y. I. Li, J. Hou, X. Zhao & C. Pan, “Preparation and Enhanced Photocatalytic Activity of TiO₂ Nanocrystals with Internal Pores”, pp. 1608–1615, 2014.
- [40] T. Bunhu, A. Kindness & B. S. Martincigh, “Determination of Titanium Dioxide in Commercial Sunscreens by Inductively Coupled Plasma–Optical Emission Spectrometry”, Vol. 64, pp. 139–143, 2011.
- [41] I. A. Siddiquey, E. Ukaji, T. Furusawa, M. Sato & N. Suzuki, “The effects of organic surface treatment by methacryloxy propyltrimethoxy silane on the photostability of TiO₂”, *Mater. Chem. Phys.*, Vol. 105, pp. 162–168, 2007.
- [42] N. Tissera, R. Perera, R. Wijesena, L. Karunanayake & A. de Alwis, “Nano titanium dioxide embedded nano fibers spun from electro spinning technology to produce stain removal and UV blocking nano fibers”, Vol. 1, 2012.
- [43] S. K. Dhoke, R. Bhandari & A. S. Khanna, “Formulation of nano-ZnO incorporated silicone modified alkyd based waterborne coating and evaluation of its Mechanical and Heat resistance property”, *Progress in Organic Coatings*, Vol. 64, pp. 39–46, 2009.
- [44] Kalendova, “Effects of particle sizes and shapes of zinc metal on the properties of anticorrosive coatings”, *Progress in Organic Coatings*, Vol. 46, pp. 324–332, 2003.
- [45] H. Shi, F. Liu, E. Han & Y. Wei, “Effect of nano pigments on the corrosion resistance of alkyd coatings”, *J. Mater. Sci. Technol.*, Vol. 23, pp. 551–558, 2007.
- [46] S. D. Dhoke, N. Rajgopalan & A. S. Khanna, “Effect of Nano-Zinc Oxide Particles on the Performance Behavior of Waterborne Polyurethane Composite Coatings”, (S. K. Department of coatings”, *Curr. Appl. Phys.*, Vol. 4, pp. 189–192, 2004.
- [25] T. John & Jr. Yates, “Photochemistry on TiO₂: mechanisms behind the surface chemistry”, *Surf. Sci.*, Vol. 603, pp. 1605–1612, 2009.
- [26] J. G. Yu, H. G. Yu, B. Cheng, M. Zhou & X. Zhao, “Enhanced photocatalytic activity of TiO₂ powder (P25) by hydrothermal treatment”, *J. Mol. Catal. A: Chem.*, Vol. 253, pp. 112–118, 2006.
- [27] I. A. Siddiquey, T. Furusawa, M. Sato, K. Honda & N. Suzuki, “Control of the photocatalytic activity of TiO₂ nanoparticles by silica coating with polydiethoxysiloxane”, *Dyes Pigments*, Vol. 76, pp. 754–759, 2008.
- [28] K. D. Burgess, “self-cleaning titania-polyurethane composites”, (The University of Western Ontario London, Ontario, Canada), 2007.
- [29] ASTM D1400, “Standard Test Method for Nondestructive Measurement of Dry Film Thickness of Nonconductive Coatings Applied to a Nonferrous Metal Base”, 2000.
- [30] S. M. Mirabedini, M. Sabzi, J. Zoh uriaan-Mehr, M. Atai & M. Behzadnasab, “Weathering performance of the polyurethane nanocomposite coatings containing silane treated TiO₂ nanoparticles”, (Colour, Resin & Surface Coatings Dept, Iran Polymer and Petrochemical Institute), 2010.
- [31] ASTM D2244, “Standard Practice for Calculation of Color Tolerances and Color Differences from Instrumentally Measured Color Coordinates”, 2010.
- [32] ASTM G154, “Standard Practice for Operating Fluorescent Light Apparatus for UV Exposure of Nonmetallic Materials”, 2014.
- [33] ASTM B117, “Standard Practice for Operating Salt Spray (Fog) Apparatus”, 2014.
- [34] ASTM D4366, “Standard Test Methods for Hardness of Organic Coatings by Pendulum Damping Tests”, 2014.
- [35] EasyScan 2 AFM, Operating Instructions, version 2.1, 2009.
- [36] ASTM D5178, “Standard Test Method for Mar

Metallurgical Engineering and Materials Science, Indian Institute of Technology Bombay 400076, India), 2012.

- [47] S. K. Dhoke, N. Rajgopalan & A. S. Khanna, "Effect of Nanoalumina on the Electrochemical and Mechanical Properties of Waterborne Polyurethane Composite Coatings", (Department of Metallurgical Engineering and Materials Science, Indian Institute of Technology Bombay, Powai, Mumbai 400076, India), 2013.
- [48] M. Zaharesu, A. Barau, L. Predoana, M. Gartner, M. Anatesuc & J. Mrazek, "TiO₂-SiO₂ Sol-Gel hybride films and their sensitivity to gaseous toluene", J. Non-Cryst. Solids. Vol. 354, pp. 693-699, 2008.
- [49] S. M. Al-Hilli & M. Willander, "Optical properties of zinc oxide nano-particles embedded in dielectric medium for UV region", Numerical simulation, Journal of Nanoparticle Research, Vol. 8, pp. 79-97, 2006.

Archive of SID

Investigation on performance of polyurethane by adding of Titanium Dioxide Nanoparticle

Saheb Ali Manafi^{1,*}, Mehdi Talaei²

1- Associate Professor, Department of Engineering, Shahrood Branch, Islamic Azad University, Shahrood, Semnan, Iran

2- Ms.c, Department of Engineering, Shahrood Branch, Islamic Azad University, Shahrood, Semnan, Iran

*Corresponding author: ali_manafi2005@yahoo.com

Abstract

Dispersion of nanotitan particles in polyurethane (PU) resin plays an important role to achievement better mechanical and physical properties. In this study nanocomposite coating was performed by incorporating nanotitania pigment with rutile and anatase phase in polyurethane to different loading level (0.1, 0.5, 1.0 and 2.0% by weight). Dispersion of nanoparticles in PU matrix was done by using ultrasonication mixing machine (2 h) and rotary mixer (3 h) and also again UT mixing machine (1 h) and finally gas removing. After addition of the appropriate amount of hardener, prepared nanocomposite coating was investigated by applying on steel and glass substrate and after 2weeks time for curing, exposing them to UV weathering, salt spray, scratch and hardness testing. The dispersion quality and surface morphology of nanocomposite coating was evaluated by using different analytical techniques. Dispersion quality of nanocomposite was investigated using optical microscopy. Dry film thickness (DFT) of samples was mostly in the range 90 μm . Roughness after exposing of naoncomposites on UV radiation and salt spray measurement by atomic force microscopy (AFM) topography and analysis by this apparatus and mechanical behavior also by using hardness and scratch test and also by colorimetry measurements, surface degradation of PU nanocomposite coatings was characterized by color changing, defined as the color measurement, after being exposed to accelerated weathering conditions. The results revealed that addition of 0.1 wt.% rutile phase of TiO_2 nanoparticles improves the weathering performance, stability of paint's color, strength, hardness and viscoelastic properties, scratch and corrosion resistant of PU nanocomposite coatings. According the all result adding nanoparticle to PU improve coating lift time and also reduce maintenance and repair costs and help to decrease environment damage.

Keyword: Titania nanoparticle, dispersant, polyurethane, morphology, mechanical properties, photocatalyst.

Journal homepage: ma.iaumajlesi.ac.ir

Please cite this article using:

Saheb Ali Manafi, Mehdi Talaei, Investigation on performance of polyurethane by adding of Titanium Dioxide Nanoparticle, in Persian, New Process in Material Engineering, 2019, 12(4), 1-16.