



انجمن علمی صنایع رنگ ایران

AMNC

available online @ amnc.ir

نشریه علمی پژوهشی مواد پیشرفته و پوشش‌های نوین - ۲۰ (۱۳۹۶) ۱۴۸۰-۱۴۷۱

بررسی اثر استفاده از بایندر معدنی روی خواص مکانیکی شبه رنگ‌های فوتوکاتالیستی

ماریه آرخی^۱، مسعود جمشیدی^{۲*}

۱- دانشکده مهندسی شیمی، دانشگاه علم و صنعت ایران، تهران، ایران

۲- استادیار، آزمایشگاه تحقیقاتی پلیمر، دانشکده مهندسی شیمی، دانشگاه علم و صنعت ایران، تهران، ایران

چکیده

رنگ‌های فوتوکاتالیستی، ترکیبات پلیمری حاوی نانوکاتالیست هستند که جهت تبدیل آلاینده‌های خطرناک هوا به ترکیبات کم‌خطر مورد استفاده قرار می‌گیرند. در این پژوهش شبه‌رنگ فوتوکاتالیستی بر پایه رزین آب‌پایه اکریلیک همراه با نانوتیتانیوم‌دی‌اکسید و رنگدانه تیتانیوم‌دی‌اکسید تهیه شد. به منظور ارتقاء خواص مکانیکی رنگ، از بایندر معدنی پایه سیلیس (آب شیشه) با مقادیر مختلف در فرمولاسیون شبه‌رنگ استفاده شد. مقادیر مختلف تیتانیوم‌دی‌اکسید در این ترکیب بایندری آلی-معدنی بکار رفت و فرمولاسیون بهینه شبه‌رنگ فوتوکاتالیستی برای حصول بهترین خواص کششی تعیین شد. پخش ذرات تیتانیوم‌دی‌اکسید در محیط آبی و آب‌شیشه بررسی شد. خواص کششی فیلم تهیه شده از شبه‌رنگ آلی-معدنی با رنگ آلی مقایسه شد و اثر آب‌شیشه بر خصوصیات کششی فیلم رنگ بررسی گردید. نتایج بررسی‌ها نشان داد که حداکثر مقدار ۱۰٪ آب‌شیشه می‌تواند به شبه‌رنگ اضافه شود تا تشکیل فیلم رنگ آب‌پایه، دچار مشکل نشود. بررسی خواص نشان می‌دهد که مصرف ۵٪ آب‌شیشه بهترین رفتار کششی نمونه‌های پلیمری را حاصل می‌کند.

تاریخ دریافت:

۹۵/۰۸/۰۷

تاریخ پذیرش:

۹۵/۱۰/۱۲

رنگ فوتوکاتالیستی؛ نانوکاتالیست؛ شبه‌رنگ؛ آب شیشه؛
بایندر آلی-معدنی

واژگان کلیدی

۱) مقدمه

رزین آب‌پایه اکریلیکی عمدتاً در صنایع مختلف بویژه در صنعت پوشش و رنگ به‌منظور بهره‌گیری از خواص محافظتی (به‌عنوان مثال محافظت از خوردگی فلزات)، تزئینی و غیره مورد استفاده قرار می‌گیرد. اما، دوام و پایداری شیمیایی فیلم‌های اکریلیکی عمدتاً رضایت‌بخش نیستند [۱]. پوشش‌های اکریلیکی مثل بسیاری از مواد پلیمری آلی دیگر، مستعد فرایندهای فرسایش محیطی می‌باشند. این فرایندها از طریق شرایط ناگوار دمایی، نیروهای مکانیکی، تابش نور فرابنفش (UV) و غیره ایجاد می‌شوند [۲]. تابش نور فرابنفش شدیدترین فرایند برای تخریب فتوشیمیایی بایندر آلی است که می‌تواند منجر به تجزیه شیمیایی و از دست رفتن خواص مکانیکی شود [۳] [۴]. این فتواکسیداسیون در سه مرحله رخ می‌دهد: ۱) جذب نور UV توسط بایندر آلی؛ ۲) واکنش رادیکال‌های آزاد با اکسیژن و تشکیل رادیکال پراکسید؛ ۳) شبکه‌ای شدن و در نتیجه ترد شدن پلیمر [۳]. استفاده طولانی مدت از رزین اکریلیکی به‌عنوان پوشش، با اصلاح فرمولاسیون آن امکان‌پذیر می‌باشد. این مهم با استفاده از افزودنی‌های پایدارکننده [۲] مثل پیگمنت‌ها، جاذب‌های UV و غیره قابل دسترسی است [۳]. دی‌اکسیدتیتانیوم گسترده‌ترین پیگمنت مورد استفاده در جهان است [۵]. استفاده گسترده از TiO_2 در مصالح ساختمانی فوتوکاتالیستی را می‌توان به ویژگی‌های زیر نسبت داد [۶]:

- نسبتاً ارزان، ایمن، پایداری از نظر شیمیایی
- فعالیت فوتوکاتالیستی بالا در مقایسه با دیگر اکسیدهای فلزی
- سازگاری با مصالح ساختمانی سنتی مثل سیمان بدون تغییر دادن عملکرد اصلی آن
- اثربخشی تحت تابش خورشیدی ضعیف در محیط اتمسفری پیرامون

از طرفی پیگمنت TiO_2 در شکل روتایل نقش جاذب UV را بازی می‌کند [۷] و همچنین قادر به بالا بردن خواص مکانیکی پوشش می‌باشد. در شکل آناتاز به‌ویژه با اندازه نانو، خواص خود تمیز شوندگی [۸] دارند و قادر به اصلاح محیط زیست داخلی و خارجی با تبدیل فوتوکاتالیستی ترکیبات آلی فرار (VOCs) می‌باشند [۹]. اولین گزارش در زمینه تحقیق خواص فوتوکاتالیستی TiO_2 در سال ۱۹۷۲ آغاز شد [۱۰]. از این رو تحقیقات زیادی برای بکاربردن این پتانسیل روی اثربخشی آلودگی هوا اختصاص داده شد. یکی از روش‌های جدید حذف آلاینده‌ها از محیط زیست، روش اکسیداسیون فوتوکاتالیستی (PCO) است. اکسیداسیون فوتوکاتالیستی نیازمند جذب آلاینده روی سطح نانوکاتالیست است.

از این رو، دیوارها و سقف‌هایی که با رنگ‌ها و پوشش‌ها، پوشش‌دهی می‌شوند، برای انجام واکنش‌های PCO سطوح مناسبی به‌نظر می‌رسند. بر این اساس، استفاده از رنگ‌های فوتوکاتالیستی به‌منظور از بین بردن آلاینده‌های هوا روش جالبی خواهد بود [۱۱]. با توجه به آنچه که پیشتر در مورد تمایل بایندرهای آلی به تجزیه تحت شرایط خاص ذکر شد؛ بایندرهای معدنی مثل رنگ‌های سیلیکاتی برای مقاومت در برابر شرایط هوازگی و فرسایش محیطی، بخوبی شناخته شده هستند [۱۲]. علاوه بر این، ماهیت معدنی این بایندرها سازگاری و چسبندگی مکانیکی با مواد غیرآلی پوشش را افزایش می‌دهد [۱۳]. بایندرهای معدنی همچنین نشان دادند که می‌توانند نقش مهمی در پوشش‌های فوتوکاتالیستی ایفا کنند. تریبا و همکارانش [۱۴] [۱۵] رنگ معدنی شامل K_2SiO_3 را تحقیق کردند و اثرات آن بر فعالیت فوتوکاتالیستی را گزارش کردند. استفاده از فوتوکاتالیست در مصالح ساختمانی از اوایل ۱۹۹۰ آغاز شده است [۶]. با این حال کاربرد رنگ‌های فوتوکاتالیستی همچنان در دست تحقیق است. یکی از چالش‌های پیش‌رو در این زمینه این است که در طول فرایندهای فوتوکاتالیستی، طی پرتوهای طولانی‌مدت با تابش‌دهی UV، خودتجزیه شدن اجزای آلی رنگ ممکن است رخ دهد [۱۴]. در تحقیقی گزارش شده است که تحت تابش‌دهی نور UV، بایندر آلی در رنگ فوتوکاتالیستی اقدام به خودتجزیه شدن کرده و چند ترکیب پایدار مثل استالدهیدها و کتون‌ها تولید می‌شوند [۱۶]. مطالعاتی نیز در مورد رنگ‌های فوتوکاتالیستی انجام شده که به تحول و احتمال آزاد شدن نانوذرات از ماتریس رنگی به محیط زیست اشاره دارد که خودش منبع آلودگی محسوب می‌شود [۱۷].

با توجه به اهمیت رزین اکریلیک به‌عنوان بایندر آلی در صنعت رنگ و خواص بهتر بایندر معدنی در برابر شرایط محیطی و دوام بالاتر در برابر شرایط جوی، هدف از این پژوهش رسیدگی و مطالعه بیشتر تاثیر Na_2SiO_3 به‌عنوان رزین معدنی (که به آب‌شیشه نیز معروف است) بر خواص مکانیکی کامپوزیت TiO_2 -Acrylic- Na_2SiO_3 بود.

۲) بخش تجربی

۲.۱) مواد آزمایشگاهی

پلیمر امولسیون (لاتکس آکرلیک R-۸۴) ساخت شرکت سیماب رزین به‌عنوان رزین پایه آبی آلی، مورد استفاده قرار گرفت. از سدیم سیلیکات مایع تجاری موجود در بازار (Na_2SiO_3)

از درصد وزنی (برمبنای خشک) دیسپرسنت به پیگمنت برابر با ۴٪ برای پیگمنت تیتانیوم دی اکسید و درصد وزنی (برمبنای خشک) دیسپرسنت به نانوذرات برابر با ۱۰٪ برای نانوکاتالیست تیتانیوم دی اکسید استفاده شد. سپس این محلول تهیه شده تحت امواج هموژنایزر به قدرت ۳۰ وات و زمان پالس ۱ ثانیه قرار گرفت. زمان اولتراسونیک برای محلول حاوی پیگمنت، ۱۵ دقیقه و برای محلول حاوی نانوذرات، ۳۰ دقیقه تنظیم شد. سپس pH نمونه‌ها در محدوده بین ۹/۵ تا ۱۰ تنظیم شد. این محلول‌های تهیه شده به مدت ۳ الی ۴ ساعت در حالت استراحت قرار گرفتند تا حباب‌های ایجاد شده طی عملیات فراصوت از محلول خارج شوند. سپس این محلول‌های تهیه شده مطابق فرمولاسیون‌های مختلف آورده شده در جداول ۱ و ۲ به رزین اضافه شده و با استفاده از همزن مغناطیسی روی دستگاه استیرر به مدت ۱ ساعت مخلوط شدند. در این مرحله استفاده از افزودنی‌هایی نظیر ضدکف برای کنترل حباب‌های ریز ایجاد شده و همچنین استفاده از غلظت دهنده‌ی پایه پلی یورتان برای کنترل ویسکوزیته‌ی رنگ خیلی کارساز بود. پس از اینکه فیلم رنگ روی قالب سیلیکونی کشیده شدند، به مدت ۲۴ ساعت در دمای محیط و به دور از نور نگهداری شدند، تا عملیات پخت انجام شود و سپس از قالب جدا شدند.

که به آب شیشه نیز معروف است، به عنوان رزین معدنی جهت ارتقاء خواص مکانیکی بهره برده شد. از آنجاییکه تیتانیوم دی اکسید پرکاربردترین ذره‌ایست که در صنعت رنگ مورد استفاده قرار می‌گیرد، از تیتانیوم دی اکسید با اندازه ذرات ۱۰۰-۲۰۰ نانومتر ساخت شرکت kronos سری ۲۱۹۰ به عنوان پیگمنت سفید بهره برده شد. نانو تیتانیوم دی اکسید ساخت شرکت TECNAN با متوسط اندازه ذرات ۱۵ نانومتر و سطح ویژه ۱۰۰-۱۵۰ مترمربع بر گرم با مورفولوژی ۲۵٪ (۲۵٪ روتایل و ۷۵٪ آناتاز) مورد استفاده قرار گرفت. افزودنی‌های بکار گرفته شده شامل عامل پخش کننده ذرات، ضدکف و غلظت‌دهنده بودند. با توجه به نتایج مطالعات صورت گرفته، از پلی‌اکریلیک‌اسید با وزن مولکولی g/mol ۵۰۰۰ ساخت شرکت سیماب رزین، به عنوان رسانه‌ای که بتوان پیگمنت و نانوکاتالیست را در آن پخش کرد، استفاده شد. از دو نوع ضدکف سیلیکونی و غیرسیلیکونی جهت جلوگیری از تشکیل تخلخل و حباب در داخل و روی سطح فیلم بهره برده شد. از غلظت دهنده‌ی با پایه پلی‌یورتان ساخت شرکت سیماب رزین نیز برای کنترل ویسکوزیته شبه‌رنگ ساخته شده، استفاده شد.

۲(۲) روش کار آزمایشگاهی

در ابتدا پیگمنت و یا نانوکاتالیست در مقدار کمی آب مقطر پخش شده و سپس عامل پخش (برای پخش بهتر ذرات) اضافه شد.

جدول ۱) فرمولاسیون نمونه‌های ساخته شده بدون حضور بایندر معدنی

درصد وزنی بر مبنای خشک				
کد نمونه	لاتکس (R-84)	تیتان (TiO_2)	نانوتیتان (P 25)	افزودنی‌ها
Ac	۹۹/۵	-	-	۰/۵
Ac-Ti10	۸۹	۱۰	-	۱
Ac-Ti20	۷۸/۵	۲۰	-	۱/۵
Ac-Ti30	۶۸	۳۰	-	۲
Ac-Ti10-N2	۸۶	۱۰	۲	۲
Ac-Ti20-N2	۷۶	۲۰	۲	۲

جدول ۲) فرمولاسیون نمونه‌های ساخته شده با حضور بایندر معدنی

درصد وزنی بر مبنای خشک				
کد نمونه	لاتکس (R-84)	آبشیشه (W.G)	تیتان (TiO ₂)	افزودنی‌ها
Ac-W.G5	۹۴/۵	۵	-	۰/۵
Ac-W.G10	۸۹/۵	۱۰	-	۰/۵
Ac-W.G15	۸۴/۵	۱۵	-	۰/۵
Ac-W.G20	۷۹/۵	۲۰	-	۰/۵
Ac-W.G30	۶۹/۵	۳۰	-	۰/۵
Ac-W.G5-Ti10	۸۴	۵	۱۰	۱
Ac-W.G5-Ti20	۷۲/۵	۵	۲۰	۱/۵
Ac-W.G10-Ti10	۷۹	۱۰	۱۰	۱
Ac-W.G10-Ti20	۶۸/۵	۱۰	۲۰	۱/۵

که در این رابطه ΔL افزایش طول تا نقطه شکست و L طول اولیه است. استحکام کششی:

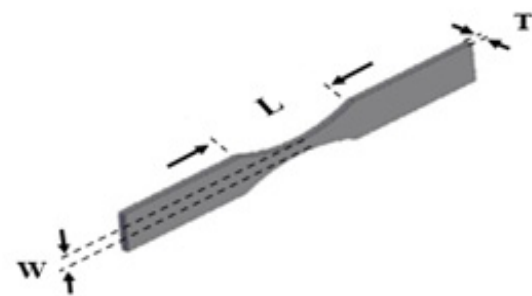
$$TS = \frac{P_R}{TW} \quad (2)$$

که در رابطه بالا P_R نیروی کششی در نقطه شکست با واحد پوند (کیلوگرم)، T ضخامت نمونه و W عرض نمونه بر حسب میلی‌متر می‌باشد، همانطور که در شکل ۱ نشان داده شده است. مدول الاستیسیته:

$$S = \frac{P_E}{TW} \quad (3)$$

که در آن P_E نیرویی است که برای ۱٪ افزایش طول در محدوده شیب ثابت مورد نیاز است. به‌طور متوسط تعداد ۱۰ نمونه دمبلی (شکل ۱) از فیلم‌ها تهیه شده و تحت تست کشش قرار گرفتند. با توجه به رفتار هر فیلم نسبت به دیگر فیلم‌ها با درصد‌های مختلفی از یک ذره، خواص کششی مورد ارزیابی قرار گرفت. همچنین رفتار فیلم‌های با درصد‌های مختلف از ذرات مختلف (هم پیگمنت و هم نانوذرات) جهت بررسی اثر هم‌افزایی آن‌ها نیز بررسی شد. ملاک ارزیابی فیلم‌ها نیز در درجه اول استحکام کششی و مدول الاستیسیته فیلم‌ها بوده است.

• نحوه‌ی انجام آزمون کششی جهت ارزیابی روش‌های ساخت، از آزمون مکانیکی تست کشش طبق استاندارد ASTM D۲۳۷۰ بهره برده شد. این استاندارد که برای تعیین خواص کششی فیلم آزاد می‌باشد، بیان می‌دارد که به‌منظور ارزیابی خواص کششی، سه پارامتر افزایش طول در نقطه شکست، استحکام کششی و مدول الاستیسیته باید گزارش شوند. هر کدام از پارامترهای ذکر شده براساس استاندارد، مطابق روابط صفحه بعد محاسبه می‌شوند:



شکل ۱) شماتیکی از قطعه دمبلی شکل برای انجام آزمون کششی

افزایش طول در نقطه شکست:

$$E = \left(\frac{\Delta L}{L} \right) \quad (1)$$

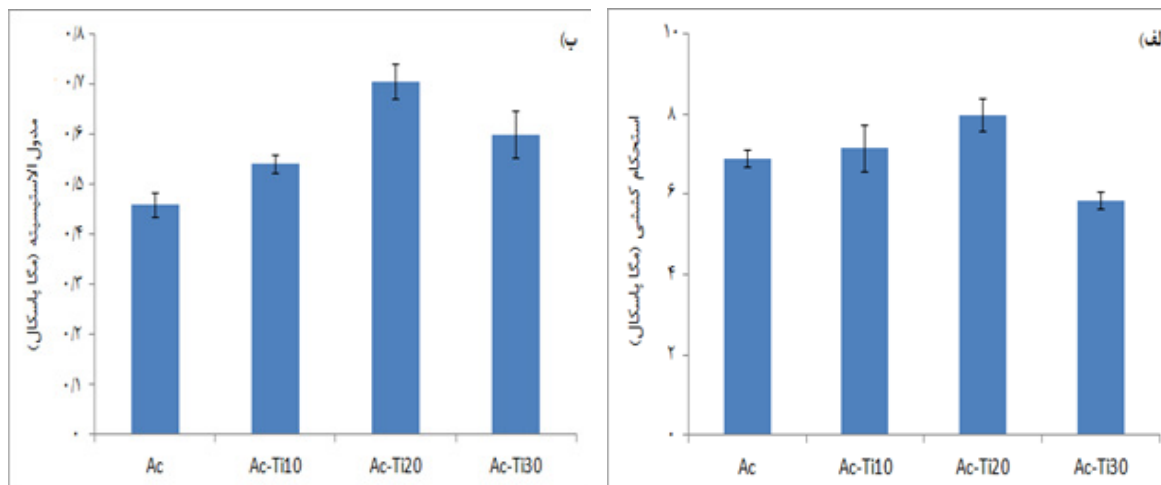
معادل ۰٪ (نمونه شاهد)، ۱۰٪، ۲۰٪ و ۳۰٪ ساخته شد. نتایج آورده شده در شکل الف-۲ نشان می‌دهد که افزودن پیگمنت به مقدار ۱۰٪ اثر قابل توجهی بر استحکام کششی پلیمر اکریلیک نداشته، اما افزایش مقدار پیگمنت تا ۲۰٪ موجب افزایش استحکام می‌گردد. کاهش مقدار استحکام در ۳۰٪ مصرف پیگمنت حاکی از عبور شبه‌رنگ از مرز CPVC (غلظت حجمی بحرانی پیگمنت) و افت خواص مکانیکی به علت کلوخگی پیگمنت در ماتریس پلیمری می‌باشد. بررسی مدول نمونه‌ها همانطور که در شکل ب-۲ قابل مشاهده است، نشان می‌دهد که مدول الاستیسیته فیلم اکریلیک با مصرف ۱۰٪ تا ۲۰٪ پیگمنت به صورت قابل توجهی بهبود یافته و با افزایش بیشتر پیگمنت تا ۳۰٪ ظاهراً از محدوده CPVC عبور نموده و دچار کاهش مدول نسبت به ۲۰٪ پیگمنت شده است.

۳) نتایج و بحث

در صورتی که ذرات در رزین بخوبی پخش شده باشند، خواص مکانیکی خوبی از خود نشان خواهند داد. پخش خوب ذرات در رنگ باعث افزایش مدول الاستیسیته شده و در صورت داشتن چسبندگی مناسب با رزین، باعث افزایش مدول شکست نیز خواهند شد. از طرفی نیز انعطاف پذیری فیلم رنگ را کاسته و در نتیجه باعث افت، افزایش طول در نقطه شکست خواهد شد [۱۸].

۱۳) اثر پیگمنت و هم‌افزایی نانوذرات بر خواص مکانیکی

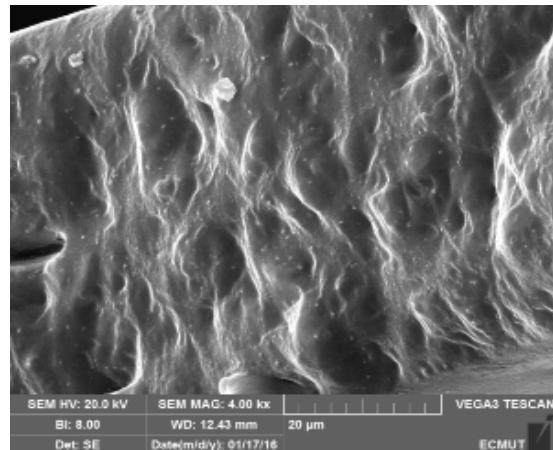
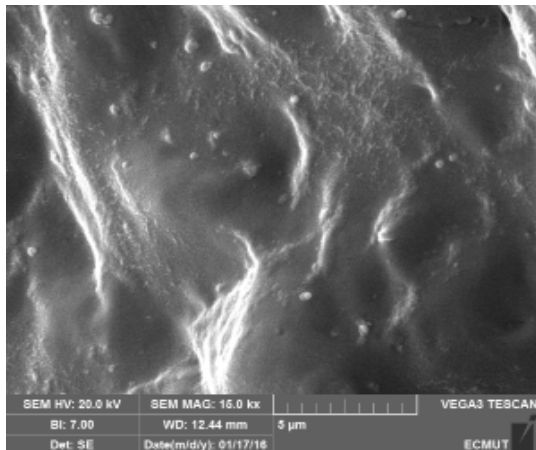
در این مرحله اثر پیگمنت تیتانیوم‌دی‌اکسید و همچنین نانوذرات تیتانیوم‌دی‌اکسید بر استحکام فیلم اکریلیک مورد بررسی قرار گرفت. در ابتدا برای بررسی اثر پیگمنت، ۴ نمونه فیلم شبه‌رنگ با درصد‌های وزنی مختلف پیگمنت



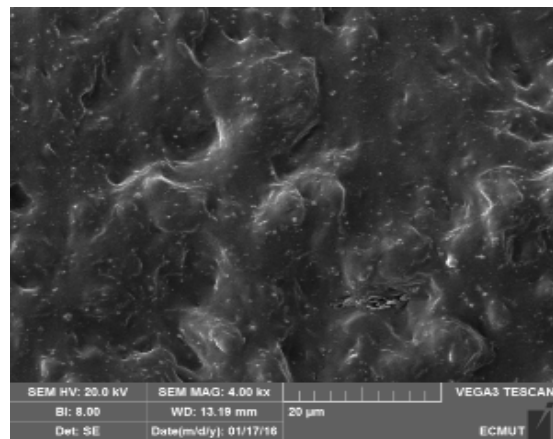
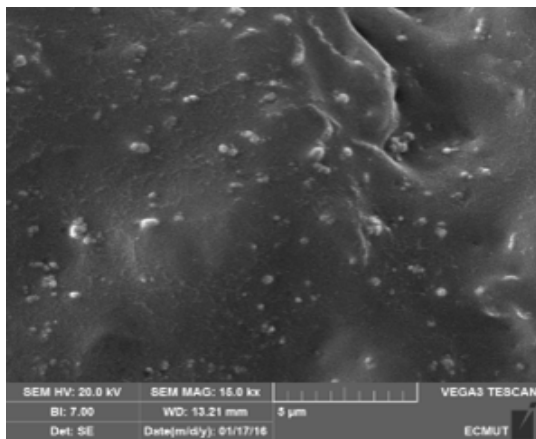
شکل ۲) الف) استحکام کششی و ب) مدول الاستیسیته نمونه‌های ساخته شده با درصد‌های مختلف تیتان

حاوی ۳۰٪ پیگمنت مشاهده می‌شود، ذرات پیگمنت کلوخه‌هایی با اندازه‌های حدود ۱ تا ۲ میکرون تشکیل داده‌اند. از طرفی در بخش‌هایی از ماتریس به دلیل توزیع نامناسب، ذرات پیگمنت مشاهده نمی‌شوند. نتیجه‌ای که از آزمون تست کشش حاصل شد، مبنی بر افت مدول و استحکام نیز با تصاویر حاصل از SEM مطابقت داشته و دلیل افت خواص، کلوخگی ذرات و عدم توزیع مناسب در ماتریس دانسته شد. این نتیجه را کومار و همکارانش نیز با اضافه کردن پیگمنت تیتانیوم‌دی‌اکسید به رزین اپوکسی مشاهده کرده بودند [۱۹]. آن‌ها مشاهده کردند که افزودن پیگمنت تا ۱۵٪ باعث افزایش چقرمگی شده و پس از آن افت پیدا می‌کند که یک دلیل آن می‌تواند به تشکیل کلوخه‌ها نسبت داده شود.

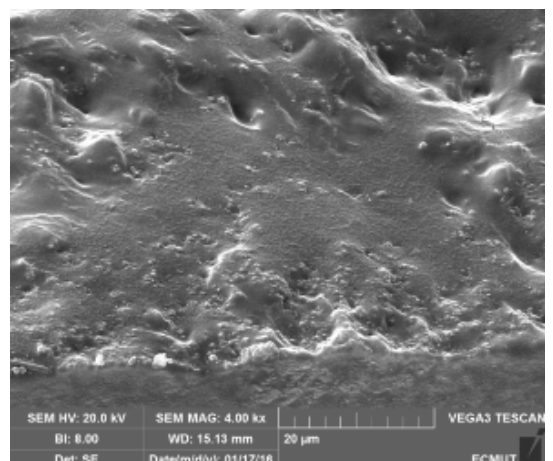
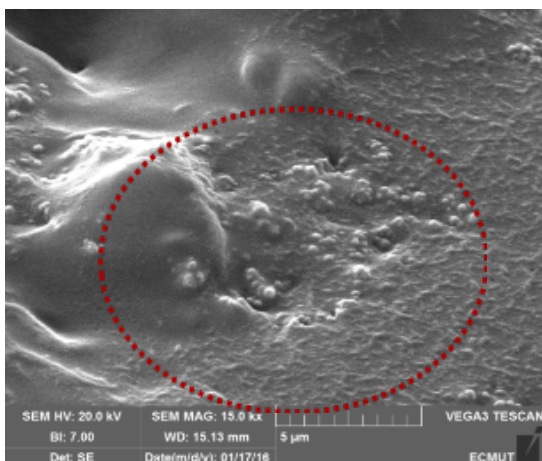
برای مشاهده چگونگی پخش این ذرات در فیلم شبه‌رنگ، از آزمون SEM بهره برده شد. شکل‌های ۳ تا ۵ تصاویر میکروسکوپی الکترونی روبشی گرفته شده از سطح مقطع عرضی نمونه‌های حاوی ۱۰٪ تیتان (Ac-Ti₁₀) و ۲۰٪ تیتان (Ac-Ti₂₀) و ۳۰٪ تیتان (Ac-Ti₃₀) را نشان می‌دهد. همانطور که از شکل‌های ۳ و ۴ مشاهده می‌شود، مقادیر ۱۰٪ و ۲۰٪ پیگمنت، پخش بسیار خوبی در لاتکس داشته‌اند. تصاویر حاکی از ابعاد حدود ۲۰۰ تا ۵۰۰ نانومتری پیگمنت TiO₂ در ماتریس پلیمری است. که این تصاویر تاییدی بر نتایج پیش‌تر حاصل‌شده از آزمون کشش است. همانطور که گفته شد پخش و توزیع خوب ذرات، خواص مکانیکی را ارتقاء داده و باعث افزایش مدول و استحکام کششی فیلم شبه‌رنگ شده است [۱۸]. اما، همانطور که از شکل ۵ برای تصاویر SEM فیلم شبه‌رنگ



شکل ۳) تصاویر میکروسکوپی الکترونی روبشی از سطح مقطع گرفته شده از نمونه‌ی حاوی ۱۰٪ تیتان (AC-Ti_{۱۰})



شکل ۴) تصاویر میکروسکوپی الکترونی روبشی از سطح مقطع گرفته شده از نمونه‌ی حاوی ۲۰٪ تیتان (AC-Ti_{۲۰})

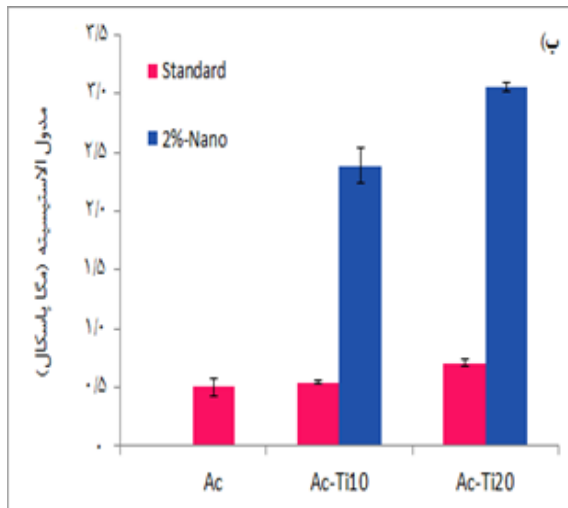


شکل ۵) تصاویر میکروسکوپی الکترونی روبشی از سطح مقطع گرفته شده از نمونه‌ی حاوی ۳۰٪ تیتان (AC-Ti_{۳۰})

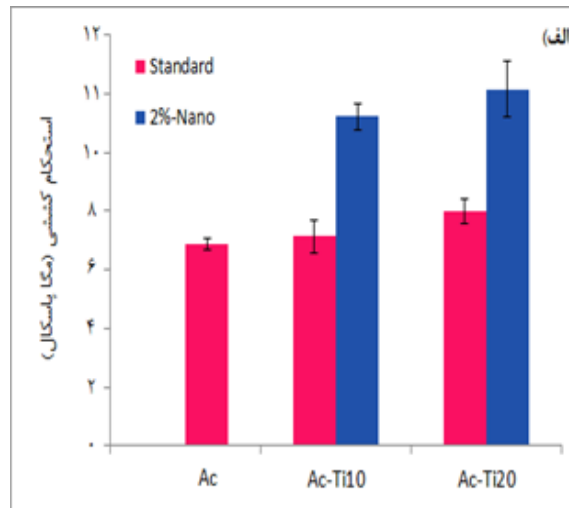
نیز که در شکل‌های ۷ و ۸ آورده شده‌اند، نشان‌دهنده‌ی پخش و توزیع خوب ذرات می‌باشد. اندازه نانومتری ذرات مشاهده شده در شکل‌ها تأثیری بر اثر شبکه ذرات میکرو و نانو و پخش بهتر ذرات در ماتریس می‌باشد و به‌نوعی مهر تاییدی بر نتایج خواص کششی است.

۲(۳) اثر آب شیشه بر خواص مکانیکی

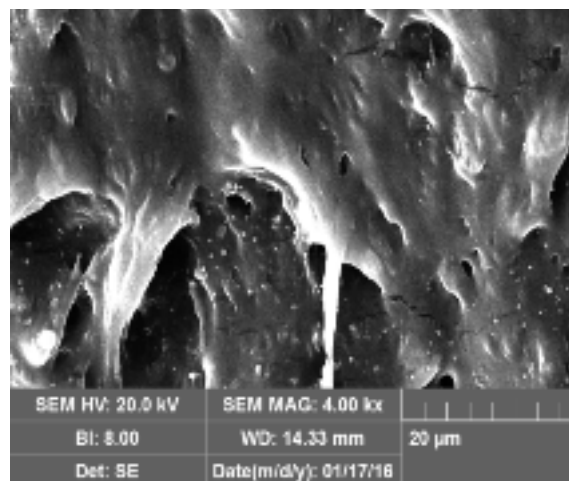
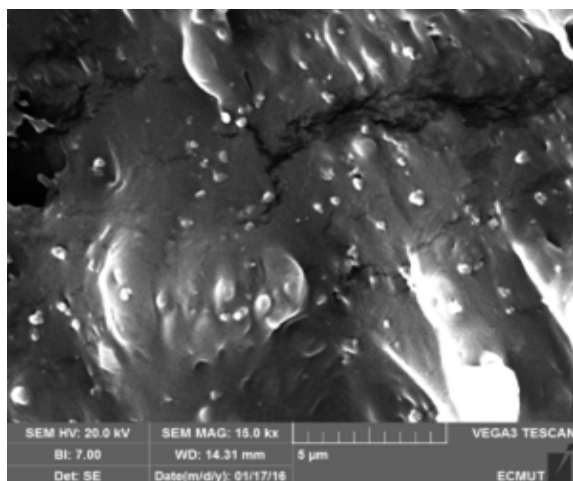
۵ نمونه با درصدهای مختلف (۵٪، ۱۰٪، ۱۵٪، ۲۰٪ و ۳۰٪ آب شیشه در لاتکس آکرلیک خالص تهیه شدند. همانطور که از عکس‌های گرفته شده از نمونه‌ها (شکل ۹) نیز مشاهده می‌شود، نمونه‌های با درصدهای بالاتر از ۱۰٪ فرایند تشکیل فیلم را دچار مشکل کرده است. لذا از آنجا که تشکیل فیلم فقط در ۵٪ و ۱۰٪ آب شیشه ممکن بود، در نتیجه خواص کششی این دو نمونه بررسی شدند.



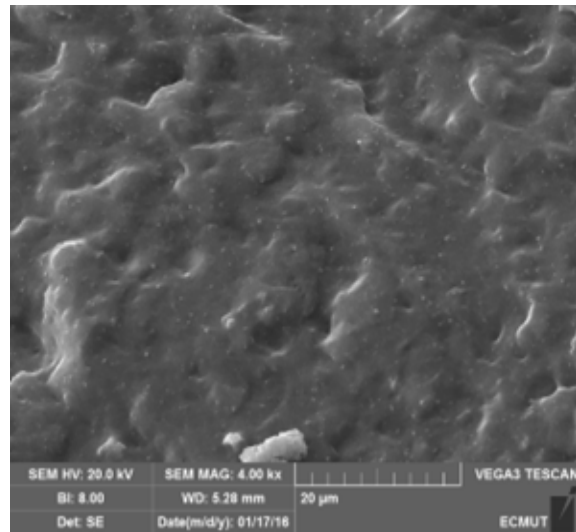
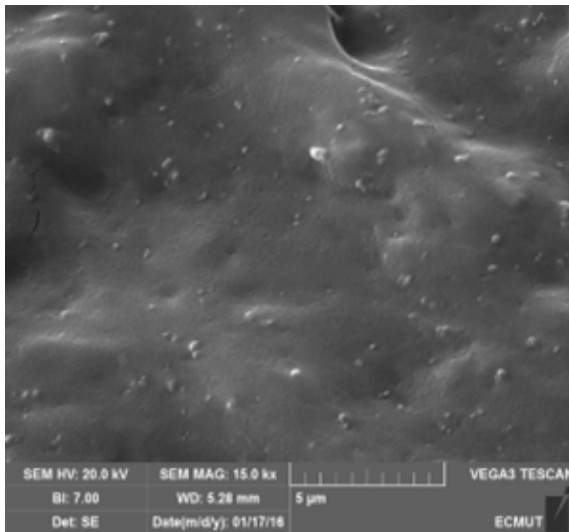
برای بررسی اثر افزودن همزمان پیگمنت و نانوذرات روی خواص مکانیکی فیلم‌ها، نمونه‌های نانوکامپوزیتی با ۲٪ نانوذرات تیتانیوم‌دی‌اکسید همراه با ۱۰٪ تیتان و همچنین ۲۰٪ تیتان ساخته شده و تحت تست کشش قرار گرفتند. داده‌های مربوط به استحکام کششی و مدول الاستیسیته استخراج شده و در نمودارهای میله‌ای شکل ۶ نشان داده شده‌اند. نتایج نشان می‌دهد که استفاده همزمان از نانوذرات و پیگمنت TiO_2 موجب بهبود چشمگیر استحکام کششی فیلم آکرلیک می‌شود (۳۵٪ تا ۶۰٪). این رفتار به عملکرد ایجاد شبکه در فیلم رنگ به دلیل تأثیر متقابل ذرات پیگمنت و نانوذرات به پخش بهتر یکدیگر در PVC‌های کمتر از مقدار بحرانی ربط داده شد. تصاویر SEM گرفته شده از سطح مقطع عرضی این نمونه‌ها



شکل ۶ (الف) استحکام کششی و (ب) مدول الاستیسیته نمونه‌های ساخته شده با درصدهای مختلف تیتان و همراه با ۲٪ نانوتیتان



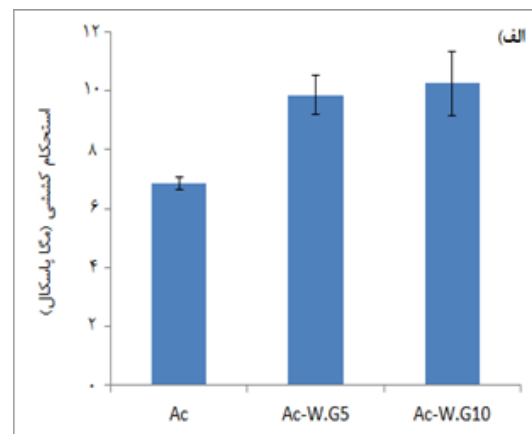
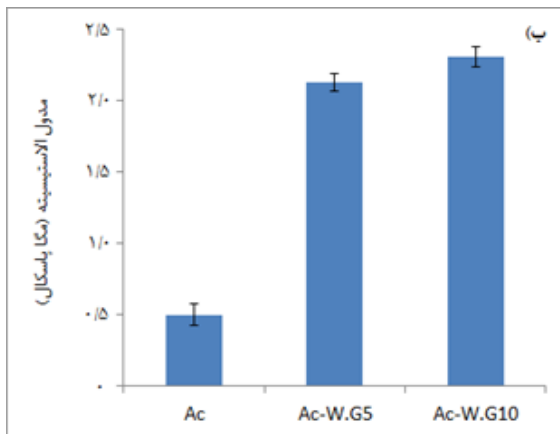
شکل ۷ تصاویر میکروسکوپی الکترونی روبشی از سطح مقطع گرفته شده از نمونه‌ی حاوی ۱۰٪ پیگمنت+۲٪ نانوذرات (Ac-Ti₁₀-N₂)



شکل ۸) تصاویر میکروسکوپی الکترونی روبشی از سطح مقطع گرفته شده از نمونه‌ی حاوی ۲۰٪ پیگمنت+۲٪ نانوذرات (Ac-TiO₂-N₂)



شکل ۹) نمونه‌های ساخته شده با درصدهای ۵٪، ۱۰٪، ۲۰٪ و ۳۰٪ آبشیشه (به ترتیب از چپ به راست)

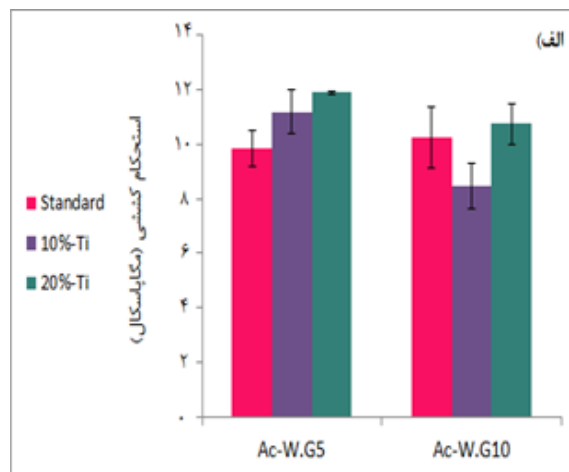
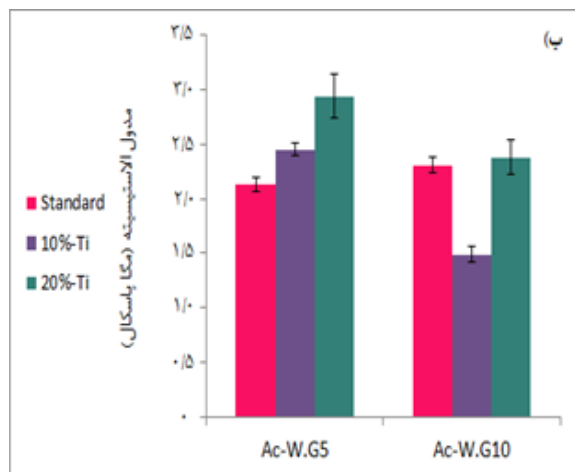


شکل ۱۰) الف) استحکام کششی، ب) مدول الاستیسیته نمونه‌های با درصدهای مختلف آبشیشه در لاتکس

۴) نتیجه‌گیری

نتایج خواص مکانیکی برای نمونه‌های ساخته شده با درصد‌های وزنی مختلف پیگمنت تیتانیوم‌دی‌اکسید نشان داد که افزایش درصد پیگمنت TiO_2 به بیش از ۲۰٪ موجب کاهش خواص مکانیکی شبه‌رنگ می‌شود که بر این اساس پیش‌بینی شد که CPVC شبه‌رنگ در محدوده ۲۰٪ تا ۳۰٪ افزودن TiO_2 باشد. اثر هم‌افزایی نانوذرات و پیگمنت در لاتکس نیز باعث شد خواص مکانیکی به‌طور قابل توجهی ارتقاء پیدا کند. با اضافه شدن بایندر معدنی (آب‌شیشه) به ترکیب فیلم اکریلیکی، خواص مکانیکی به‌طور قابل توجهی بهبود یافت. ترکیب درصد‌های مختلف آب‌شیشه در لاتکس امتحان شد و در نهایت ۵٪ آب‌شیشه در لاتکس به دلیل خواص مطلوب حاصله، به عنوان درصد بهینه انتخاب شد. تغییر درصد وزنی آب‌شیشه از ۵٪ به ۱۰٪ نیز نشان داد که افزایش مقدار آب‌شیشه تا جایی باعث بهبود خواص مکانیکی می‌شود و افزایش بیشتر لزوماً به معنی ارتقاء خواص نمی‌باشد.

همانطور که از شکل ۱۰ مشاهده می‌شود، استحکام کششی و مدول الاستیسیته نمونه‌ها با اضافه کردن ۵٪ و ۱۰٪ آب‌شیشه افزایش قابل توجهی داشته است، و این دقیقاً همان نتیجه‌ای است که انتظار می‌رفت. در ادامه اثر حضور پیگمنت بر ترکیب بایندهای آلی-معدنی در درصد‌های مختلف، مطابق ترکیب‌درصد‌های ذکر شده بررسی شدند. طبق نتیجه‌گیری مرحله قبل، به نظر می‌رسید بکاربردن ۵٪ و ۱۰٪ آب‌شیشه در لاتکس مناسب بوده و مشکلی برای تشکیل فیلم ایجاد نکند. از این‌رو، ابتدا درصد‌های مختلف ذرات در ۵٪ آب‌شیشه در لاتکس ترکیب شدند و سپس همین مقدار درصد‌های ذرات در ۱۰٪ آب‌شیشه در لاتکس ترکیب شده و تحت تست کشش قرار گرفتند. داده‌های استخراج شده برای استحکام و مدول الاستیسیته در شکل ۱۱ ارائه شده‌اند. به‌طور کلی می‌توان اینگونه ادعا کرد که افزایش مقدار آب‌شیشه از ۵٪ به ۱۰٪ موجب کاهش خفیف استحکام کششی نمونه‌ها در حضور پیگمنت TiO_2 شده است. با این حال، پیگمنت‌ها سازگاری خوبی را با آب‌شیشه از خود بروز داده‌اند و موجب افزایش مقاومت کششی فیلم اکریلیک شده‌اند.



شکل ۱۱ الف) استحکام کششی و ب) مدول الاستیسیته نمونه‌های ساخته شده با درصد‌های مختلف تیتان در بایندر ترکیبی آلی-معدنی

۵) مراجع

- [۱۱] علی اکبر مشرف زاده، "آلاینده های خطرناک هوا و مقادیر و اثرات آنها در محیط های شهری،" پنجمین همایش ملی و نمایشگاه تخصصی مهندسی محیط زیست، ۱۳۹۰.
- [۱۲] C. de Lame, J.-M. Claeys, P. Greenwood, and H. Lagnemo, "Modified colloidal silica in silicate paints," PPCJ (Polymers Paint Colour Journal), ۲۰۱۰.
- [۱۳] O. Rudic, D. Rajnovic, D. Cjepa, S. Vucetic, and J. Ranogajec, "Investigation of the durability of porous mineral substrates with newly designed TiO₂-LDH coating," Ceram. Int., vol. ۴۱, no. ۸, pp. ۲۰۱۵, ۹۷۹۲-۹۷۷۹.
- [۱۴] B. Tryba, P. Homa, R. J. Wróbel, and A. W. Morawski, "Photocatalytic decomposition of benzo[a]-pyrene on the surface of acrylic, latex and mineral paints. Influence of paint composition," J. Photochem. Photobiol. A Chem., vol. ۲۸۶, pp. ۲۰۱۴, ۱۵-۱۰.
- [۱۵] B. Tryba, R. J. Wrobel, P. Homa, and a. W. Morawski, "Improvement of photocatalytic activity of silicate paints by removal of K₂SO₄," Atmos. Environ., vol. ۱۱۵, no. AUGUST, pp. ۲۰۱۵, ۵۲-۴۷.
- [۱۶] J. Auvinen and L. W. Å, "The influence of photocatalytic interior paints on indoor air quality," vol. ۴۲, pp. ۲۰۰۸, ۴۱۱۲-۴۱۰۱.
- [۱۷] B. Nowack, A. Ulrich, and B. Nowack, "Environmental Science," vol. ۱۵, no. ۲۰۱۳, ۱۲.
- [۱۸] D. Y. Perera, "Effect of pigmentation on organic coating characteristics," vol. ۵۰, pp. -۲۴۷ ۲۰۰۴, ۲۶۲.
- [۱۹] S. K. Singh, S. P. Tambe, and D. Kumar, "Effect of pigmentation on fracture toughness of paint films," J. Mater. Sci., vol. ۳۹, no. ۷, pp. ۲۰۰۴, ۲۶۳۲-۲۶۲۹.
- [1] R. Dong and L. Liu, "Preparation and properties of acrylic resin coating modified by functional graphene oxide," Appl. Surf. Sci., vol. 368, pp. 378-387, 2016.
- [2] J. Pospíšil and S. Nešpůrek, "Photostabilization of coatings. Mechanisms and performance," Prog. Polym. Sci., vol. 25, no. 9, pp. 1261-1335, 2000.
- [3] J. Miklečić, S. L. Blagojević, M. Petrič, and V. Jirouš-Rajković, "Influence of TiO₂ and ZnO nanoparticles on properties of waterborne polyacrylate coating exposed to outdoor conditions," Prog. Org. Coatings, vol. 89, pp. 67-74, 2015.
- [4] A. Dianatdar and M. Jamshidi, "Investigation of the mechanical properties of a photocatalytic," vol. 42885, 2016.
- [5] S. Farrokhpay, "A review of polymeric dispersant stabilisation of titania pigment," Adv. Colloid Interface Sci., vol. 151, no. 1, pp. 24-32, 2009.
- [6] J. Chen and C. S. Poon, "Photocatalytic construction and building materials: From fundamentals to applications," Build. Environ., vol. 44, no. 9, pp. 1899-1906, 2009.
- [7] N. S. Allen, M. Edge, G. Sandoval, A. Ortega, C. M. Liauw, J. Stratton, and R. B. McIntyre, "Interrelationship of spectroscopic properties with the thermal and photochemical behaviour of titanium dioxide pigments in metallocene polyethylene and alkyd based paint films: micron versus nanoparticles," Polym. Degrad. Stab., vol. 76, no. 2, pp. 305-319, 2002.
- [8] A. Olad, R. Nosrati, H. Najjari, and K. Nofouzi, "Preparation and investigation of hydrophilic, photocatalytic, and antibacterial polyacrylic latex coating containing nanostructured TiO₂/Ag⁺-exchanged-montmorillonite composite material," Appl. Clay Sci., vol. 123, pp. 156-165, 2016.
- [9] S. Wang, H. M. Ang, and M. O. Tade, "Volatile organic compounds in indoor environment and photocatalytic oxidation: state of the art," Environ. Int., vol. 33, no. 5, pp. 694-705, 2007.
- [10] A. Fujishima, "Electrochemical photolysis of water at a semiconductor electrode," Nature, vol. 238, pp. 37-38, 1972.