



بررسی حضور ۲ درصد وزنی ذرات دی اکسید تیتانیوم بر رفتار حفاظت از خوردگی پوشش پلیمری بر پایه وینیل استر روی سطح کربن استیل

کیاناکلات پور^۱، زهرا حسن قلی زاده^۲، رضا عارفی نیا^{۳*}

۱- کارشناسی ارشد، مهندسی شیمی، دانشگاه فردوسی مشهد.

۲- کارشناسی ارشد، مهندسی شیمی، دانشگاه فردوسی مشهد.

۳- دانشیار، مهندسی شیمی، دانشگاه فردوسی مشهد.

*آدرس ایمیل نویسنده مسئول: arefinia@um.ac.ir

چکیده

در این پژوهش، هدف اصلی بررسی تأثیر حضور ۲ درصد وزنی ذرات دی اکسید تیتانیوم بر رفتار ضد خوردگی پوشش پلیمری وینیل استر (VER) بر پایه اپوکسی بیسفنل A بوده است. برای این منظور، پوشش های VER با دو غلظت متفاوت از دی اکسید تیتانیوم (۰ و ۲ درصد وزنی) تهیه شده و بر روی سطح فولاد اعمال گردیدند. رفتار ضد خوردگی این پوشش ها با استفاده از آزمون طیف سنجی امپدانس الکتروشیمیایی (EIS) به مدت ۷ روز غوطه وری در محلول ۳/۵ درصد وزنی کلرید سدیم (NaCl) بررسی شد. نتایج به دست آمده نشان می دهد که افزودن ۲ درصد وزنی دی اکسید تیتانیوم سبب افزایش مقاومت پوشش از $10^7 \times 5/77$ به $10^8 \times 8/18$ اهم در سانتی متر مربع نسبت به پوشش فاقد ذرات می شود.

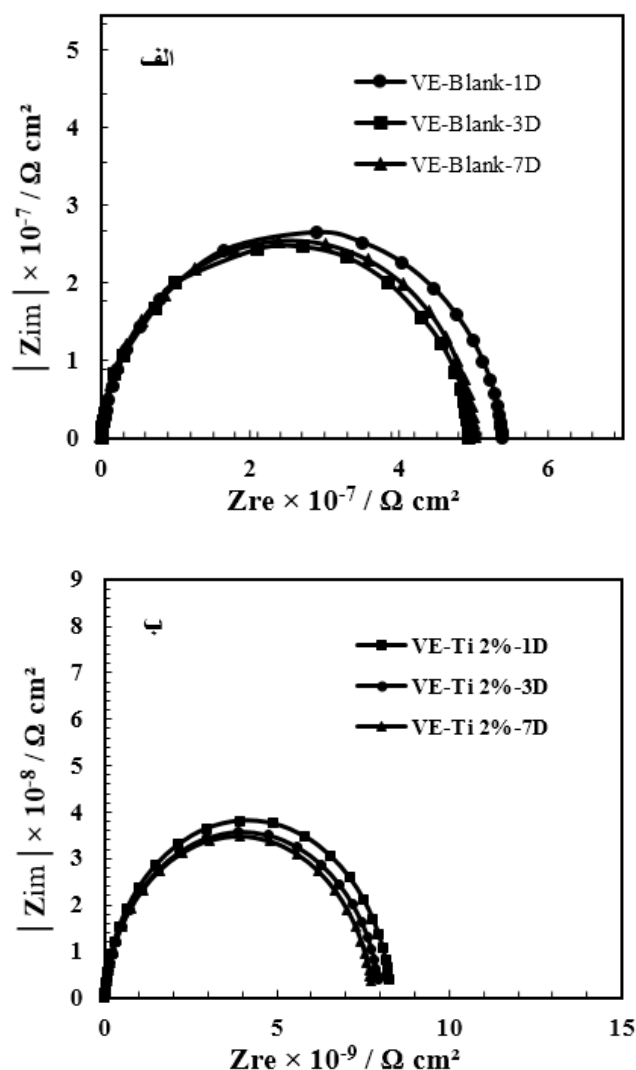
کلمات کلیدی: ضد خوردگی، پوشش پلیمری، وینیل استر، دی اکسید تیتانیوم، کربن استیل

۱. مقدمه

امروزه پوشش های آلی در میان انواع مختلف پوشش ها، بدلیل ایجاد خاصیت سد کنندگی و جلوگیری از نفوذ مواد خورنده به سطح فلز، توجه زیادی را به خود جلب کرده است. رزین وینیل استر به دلیل مقاومت شیمیایی و حرارتی بالا، استحکام مکانیکی مطلوب، فرآیندپذیری آسان، چسبندگی قوی به سطوح مختلف، مقاومت در برابر خوردگی و اشعه فرابنفش، و هزینه مناسب، به طور گسترده ای در تولید پوشش های ضد خوردگی و کامپوزیت های تقویت شده برای صنایع مختلف مانند خودرو سازی، کشتی سازی و پتروشیمی استفاده می شود [۱]. رزین وینیل استر می تواند با انواع مختلف پرکننده ها و الیاف، مانند دی اکسید تیتانیوم، خاک رس، گرافن و الیاف شیشه تقویت شود که با ایجاد مکانیسم سد کنندگی موجب بهبود مقاومت در برابر خوردگی می شوند [۲].

پوشش های دارای ذرات دی اکسید تیتانیوم به دلیل خواص مطلوب این ذرات مانند افزایش مقاومت شیمیایی، رفتار ضد خوردگی، سد کنندگی و آبگریزی سطح به طور مؤثری از سطوح فلزی در برابر خوردگی محافظت می کنند [۲]. خامه و همکاران [۳] یافتند که افزودن دی اکسید تیتانیوم به همراه اکسید گرافن در پوشش وینیل استر با پر کردن منافذ و میکرو حفرات مانند یک سد در برابر نفوذ عوامل خورنده عمل می کنند و سرعت انتقال و حرکت آنها را به سطح مشترک فلز و پوشش کاهش می دهند. علاوه بر این، آنها ادعا کردند این ذرات سبب افزایش خاصیت آبگریزی پوشش و به همراه آن افزایش مقاومت به خوردگی پوشش می شوند. در چندین تحقیق دیگر نیز محققان به نتایج مشابهی دست یافتند [۴-۶]. با این حال، اثر دی اکسید تیتانیوم بر رفتار ضد خوردگی پوشش های VER به تنهایی تاکنون مورد بررسی قرار نگرفته است. در این مطالعه اثر حضور ۲

همانطور که مشاهده می‌شود، نمودار بدست آمده برای هر دو پوشش دارای ذرات و فاقد ذرات به صورت نیم‌دایره می‌باشد که نشان‌دهنده پوشش آسیب دیده به دلیل کاهش مقاومت پوشش بر اثر نفوذ عوامل خوردنده مانند ملکول‌های آب و یون کلر به داخل خلل و حفرات در طی مدت زمان غوطه‌وری است. با مقایسه نمودارهای نایکوئیست در شکل ۱-الف و شکل ۱-ب می‌توان دریافت که حضور ذرات TiO_2 در پوشش منجر به افزایش مقاومت پوشش می‌گردد.



شکل ۱: نمودارهای نایکوئیست پوشش وینیل ۱ ستر الف) فاقد ذرات، ب) دارای ۲ درصد وزنی TiO_2 غوطه‌ور شده در محلول سدیم کلرید ۳/۵ درصد وزنی در دمای محیط و زمان‌های متفاوت

شکل ۲: نمودارهای تغییر مقاومت پوشش‌ها را در فرکانس ۰/۰۱ هرتز بر حسب زمان در محلول الکترولیت نشان می‌دهد. همانطور که نشان داده شده است در هر دو پوشش مقاومت در گذر زمان بر اثر نفوذ

در صد وزنی از TiO_2 بر رفتار ضد خوردگی پوشش VER اعمال شده بر سطح فولاد کربنی در محلول ۳/۵ % NaCl با استفاده از آزمون طیف‌سنجی امپدانس الکتروشیمیایی (EIS) بررسی قرار گرفته است.

۲. مواد و روش‌های تجربی

مواد

در این پژوهش از رزین وینیل استر شرکت ایران کیتون (IK-3000) به عنوان ماتریس پلیمری استفاده شد. از کبالت ۱۰٪ و متیل اتیل کتون پروکسید شرکت شیمکا نیز به ترتیب به عنوان شتاب‌دهنده و کاتالیزور استفاده گردید. همچنین از محلول دی-متیل آنیلین نیز به عنوان شتاب‌دهنده کمکی، استفاده شد. ذرات دی‌اکسید تیتانیوم از شرکت نانو مواد ایرانیان خریداری گردید.

آماده سازی نمونه

ابتدا سطح فلز با استفاده از کاغذ سمباده (۴۰۰، ۶۰۰، ۸۰۰ و ۱۲۰۰) آماده‌سازی شد. سپس رزین رقیق شده به همراه حلال استایرن بر روی سطح اعمال گردید. عوامل پخت مانند کبالت، دی‌متیل آنیلین و متیل اتیل کتون پروکسید به ترتیب به نسبت ۱/۵:۰/۳:۱/۵ اضافه شد. فرآیند پخت ابتدا به مدت ۲۴ ساعت در دمای اتاق انجام شد. به منظور پخت کامل نمونه‌ها به مدت ۳ ساعت در دمای ۸۰ درجه سانتی‌گراد در آون قرار گرفت. سپس سطح مورد نظر به معادل ۱۰×۱۰ سانتی متر مربع در محلول الکترولیت سدیم کلرید ۳/۵ درصد وزنی غوطه‌ور شد.

مشخصه یابی

جهت بررسی مقاومت پوشش‌ها در محیط خوردنده، آزمون EIS در یک سل به ترتیب با سه الکترود کار، مرجع (کالومل) و کمکی (گرافیت متخلخل) توسط دستگاه پتانسیواستات-گالوانواستات شرکت Autolab مدل PGSTAT-302N انجام شد. پس از گذشت حدود ۱ ساعت، با ثابت شدن پتانسیل مدار باز^۱ (OCP) آزمون EIS با دامنه تغییرات پتانسیل برابر ۱۰ میلی‌ولت نسبت به OCP از فرکانس ۱۰۰ کیلوهرتز تا ۰/۰۱ هرتز برای زمان‌های متوالی (۱، ۳ و ۷ روز) غوطه‌وری انجام شد.

۳. نتایج و بحث

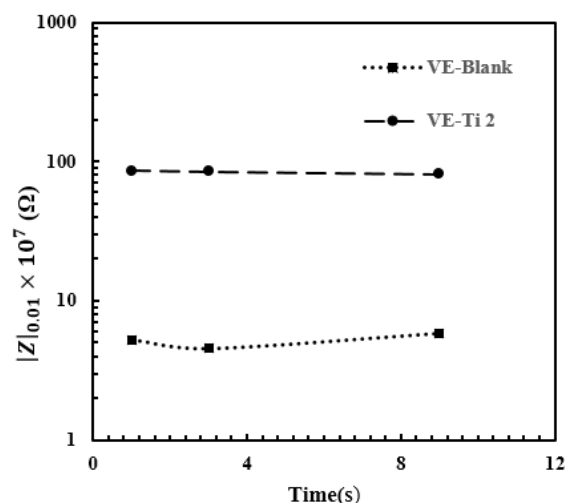
نتایج حاصل از آزمون EIS به صورت نمودار نایکوئیست برای پوشش‌های پلیمری وینیل استر غوطه‌ور شده در محلول ۳/۵ درصد وزنی NaCl در شکل ۱ نشان داده شده است. مطابق با شکل ۱ نمودارهای نایکوئیست متفاوتی برای هر دو پوشش موجود می‌باشد.

^۱Open circuit potential

مراجع

- [۱] I. Betova et al., "Composition, Structure, and Properties of Corrosion Layers on Ferritic and Austenitic Steels in Ultrasupercritical Water," *Journal of The Electrochemical Society*, vol. 153, no. 11, p. B464, 2006/09/21 2006.
- [۲] X. Chen and S. S. Mao, "Titanium dioxide nanomaterials: synthesis, properties, modifications, and applications," *Chemical reviews*, vol. 107, no. 7, pp. 2891-2959, 2007.
- [۳] E. Khamme, A. Sakulkalavek, and R. Sakdanuphab, "Anti-corrosion performance of vinyl ester resin films with titanium dioxide and graphene hybrid reinforcement," *Materials Today Communications*, vol. 33, p. 104888, 2022/12/01/ 2022.
- [۴] A. Shafaamri et al., "Effects of TiO₂ nanoparticles on the overall performance and corrosion protection ability of neat epoxy and PDMS modified epoxy coating systems," *Frontiers in Materials*, vol. 6, p. 336, 2020.
- [۵] S. Radhakrishnan, C. Siju, D. Mahanta, S. Patil, and G. Madras, "Conducting polyaniline-nano-TiO₂ composites for smart corrosion resistant coatings," *Electrochimica Acta*, vol. 54, no. 4, pp. 1249-1254, 2009.
- [۶] E. Maya-Visuet, T. Gao, M. Soucek, and H. Castaneda, "The effect of TiO₂ as a pigment in a polyurethane/polysiloxane hybrid coating/aluminum interface based on damage evolution," *Progress in Organic Coatings*, vol. 83, pp. 36-46, 2015.
- [۷] H. Wang, R. Zhang, Z. Yuan, X. Shu, E. Liu, and Z. Han, "A comparative study of the corrosion performance of titanium (Ti), titanium nitride (TiN), titanium dioxide (TiO₂) and nitrogen-doped titanium oxides (N-TiO₂), as coatings for biomedical applications," *Ceramics International*, vol. 41, no. 9, pp. 11844-11851, 2015.

عوامل خوردنده به ویژه در نمونه فاقد ذرات پرکننده کاهش یافته است. مطابق با شکل ۲ برای هردو پوشش مقدار مقاومت پوشش در روزهای ۳ و ۷ تفاوت کمی دارد که نشان از تجمع محصولات خوردگی در حفرات می‌باشد. همانطور که قبلاً هم بیان شد ذرات TiO₂ با ایجاد خاصیت آبگریزی در سطح پوشش و همچنین پر کردن میکرو حفرات و خلل‌های موجود در ماتریس پلیمری و به دنبال آن با افزایش مسیر حرکت عوامل خوردنده به صورت زیگزاگی منجر به افزایش مقاومت ضد خوردگی پوشش پلیمری می‌گردد [۳، ۷].



شکل ۲: نمودار تغییرات مقاومت در فرکانس ۰٫۰۱ هرتز برای پوشش فاقد ذرات و دارای ۲ درصد وزنی ذرات غوطه‌ور شده در محلول الکترولیت

۴. نتیجه‌گیری

مقایسه رفتار ضد خوردگی پوشش بر پایه وینیل استر دارای دو غلظت ۰ و ۲ درصد وزنی دی‌اکسید تیتانیوم نشان داد: پوشش پلیمری دارای ۲ درصد وزنی دی‌اکسید تیتانیوم دارای مقاومت ضد خوردگی بیشتر نسبت به نمونه فاقد ذرات می‌باشد. زیرا حضور ذرات پرکننده منجر به پر نمودن خلل و حفرات موجود در ساختار پوشش شده و مسیر عبور و رسیدن عوامل خوردنده را به سطح فلز طولانی‌تر می‌کند.