



بررسی خواص ساختاری محصولات قالبگیری شده تزریقی UPVC در حضور اصلاح کننده های ضربه پایه آکرلیک و پلی اتیلن کلردار

اکرم حسین پور^۱، نوید رمضانیان^{۱*}، امیررضا قاسمیان^۲

^۱، گروه شیمی، دانشکده علوم، دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد، ایران

ramezaniyan@um.ac.ir*

چکیده

یکی از نقاط ضعف پلیمر پلی وینیل کلرید (PVC) به عنوان پرکاربردترین ترموپلاستیک جهان، حساسیت بالا به ضربه است. در این پژوهش اثر دو نوع اصلاح کننده ضربه آکرلیکی و پلی اتیلن کلردار (CPE) بر روی خواص ساختاری PVC مورد بررسی قرار می گیرد. نتایج نشان داد اصلاح کننده ها تأثیرات قابل توجهی بر خواص ساختاری آمیزه ها داشته اند. ۱۰ phr اصلاح کننده ضربه آکرلیک، زاویه تماس را از ۸۸/۲۸° به ۶۷/۰۸° و CPE ۱۰ phr زاویه تماس را به ۶۴/۲۱° کاهش داد. ۱۰ phr اصلاح کننده آکرلیک، چگالی را از ۱/۴۲۷ g/cm³ به ۱/۳۸۹ g/cm³ رساند که معادل کاهش ۲/۶۶٪ می باشد. در آمیزه حاوی ۱۰ phr CPE، چگالی از ۱/۴۲۷ g/cm³ به ۱/۴۰۷ g/cm³ رسید که معادل کاهش ۱/۴۰٪ می باشد.

کلمات کلیدی: پلی وینیل کلرید، اصلاح کننده ضربه، آمیزه سازی، پلی اتیلن کلردار.

۱. مقدمه

PVC یکی از قدیمی ترین و پرکاربردترین پلیمرهای ترموپلاستیک در جهان به شمار می رود. این پلیمر به دلیل مقاومت شیمیایی بالا، خواص مکانیکی مناسب و پایداری در برابر آب و شرایط محیطی، از اهمیت اقتصادی قابل توجهی برخوردار است [۱]. کاربردهای گسترده PVC به ویژگی های ذاتی این پلیمر و همچنین به ترکیبات افزوده شده به آن وابسته است. به منظور ارتقاء عملکرد و بهینه سازی خواص، می توان PVC را با ترکیبات افزودنی متفاوتی ترکیب کرد. این ترکیبات موجب بهبود سازگاری، عملکرد و گستره کاربردهای نهایی PVC می شوند [۲]. اصلاح خواص پلیمرها از طریق افزودن مواد مکمل به روش آمیزه سازی، همواره مورد توجه پژوهشگران و صنعتگران بوده است. هدف اصلی از آمیزه سازی PVC، بهبود فرآیندپذیری، ارتقاء خواص محصول نهایی و کاهش هزینه های تولید است. در این فرآیند می توان از انواع افزودنی ها بهره گرفت. از جمله اصلاحاتی که از طریق آمیزه سازی صورت می گیرد، می توان به تغییرات در ساختار شیمیایی

زنجیره های پلیمری اشاره کرد که به طور خاص با هدف بهبود خواص مکانیکی و حرارتی طراحی می شوند [۳، ۴]. یکی از نقاط ضعف PVC، حساسیت بالا به ضربه و شکاف است. یکی از روش های مؤثر برای بهبود مقاومت ضربه ای PVC، افزودن یک فاز لاستیکی پراکنده در ماتریس پلیمری است. استفاده از اصلاح کننده های ضربه می تواند به طور مؤثری حساسیت به شکست و ضربه در PVC را کاهش دهد. به طور کلی، اگرچه PVC ذاتاً دارای سطحی از مقاومت ضربه ای است، اما در بسیاری از کاربردها، این ویژگی نیاز به تقویت دارد؛ که این هدف از طریق ترکیب با اصلاح کننده های ضربه قابل دستیابی است [۵، ۶].

در این پژوهش اثر دو نوع اصلاح کننده ضربه آکرلیکی و CPE بر روی خواص سطحی و ساختاری پلیمر PVC مورد بررسی قرار می گیرد.

۲. روش های تجربی یا مبانی نظری



PVC مورد استفاده در این پژوهش به عنوان پلیمر پایه، سوسپانسیونی با عدد K معادل ۵۷ و تخلخل $0.05-0.2 \text{ mL/g}$ می باشد. اصلاح کننده ضربه آکریلیک با هسته PBA و پوسته PMMA، دارای چگالی توده 1.39 g/cm^3 و اصلاح کننده ضربه CPE نیز با چگالی توده $1.45-1.52 \text{ g/cm}^3$ در این پژوهش استفاده می شوند.

۵ آمیزه به ترتیب شامل PVC خالص، PVC با ۵ phr و ۱۰ phr اصلاح کننده ضربه آکریلیکی و PVC با ۵ phr و ۱۰ phr اصلاح کننده ضربه CPE با استفاده از یک مخلوط کن گرم و سرد با ظرفیت ۲۵۰ کیلوگرم، با دیگ های عمودی و پروانه های مرکب تهیه شدند. برای ساخت هر ۵ آمیزه، در اختلاط گرم، درجه حرارت ۱۱۳ درجه سانتی گراد و دور موتور چرخش پروانه، ۱۰۹۸ دور در دقیقه تنظیم شد. مدت زمان اختلاط گرم، حدود ۹ دقیقه بوده و بلافاصله پس از تخلیه آمیزه گرم به داخل دیگ سرد کن عمودی، در مدت زمان حدود ۱۵ دقیقه، دمای آمیزه، به حدود ۴۰ درجه سانتی گراد می رسد و به منظور ورود به قیف ماشین قالبگیری تزریقی آماده است. جهت بررسی زاویه تماس آمیزه ها، قطرات آب بر روی سطح قرار گرفته و توسط دوربین عکس برداری و سپس زوایای آن ها مورد بررسی قرار می گیرند. از هر سطح، در ۵ نقطه متفاوت عکس برداری انجام شده و از زوایای این نقاط میانگین گرفته می شود. چگالی نمونه ها نیز مطابق استاندارد INSO 7090-1 انجام گرفت.

۳. نتایج و بحث

نتایج آزمون های مربوط به زاویه تماس و چگالی برای آمیزه های مختلف حاوی اصلاح کننده های ضربه در جدول ۱ ارائه شده اند.

جدول ۱: نتایج آزمون زاویه تماس و چگالی آمیزه ها.

آمیزه	نوع اصلاح کننده		چگالی
	ضربه/مقدار (phr)	زاویه تماس (°)	
۱	۰/-	۸۸/۲۸	۱/۴۲۷
۲	آکریلیک/۵	۶۶/۹۸	۱/۴۰۸
۳	آکریلیک/۱۰	۶۷/۰۸	۱/۳۸۹
۴	۵/CPE	۵۴/۲۰	۱/۴۲۵
۵	۱۰/CPE	۶۴/۲۱	۱/۴۰۷

در آمیزه های حاوی ۵ phr و ۱۰ phr اصلاح کننده ضربه آکریلیکی، زاویه تماس به ترتیب ۶۶/۹۸ درجه و ۶۷/۰۸ درجه گزارش شده است.

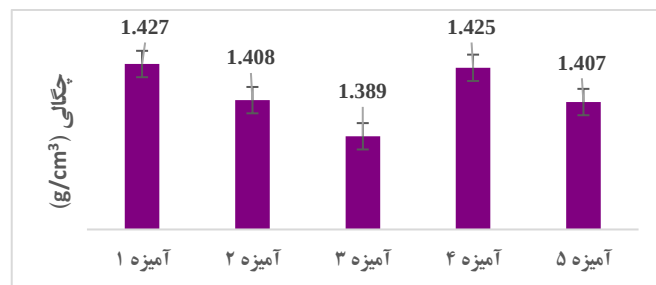
این کاهش نسبت به PVC خالص را می توان به حضور گروه های قطبی در ساختار کوپلیمر آکریلیکی نسبت داد. PMMA دارای گروه های استری (-COO-) است که با افزایش قطبیت سطح، تمایل به برهم کنش با آب را افزایش می دهند و باعث کاهش زاویه تماس نسبت به PVC خالص می شوند. CPE به طور کلی یک پلیمر نیمه قطبی است که به دلیل داشتن گروه های کلر، نسبت به PVC دارای قطبیت بالاتری است. در آمیزه های حاوی ۵ phr و ۱۰ phr اصلاح کننده ضربه CPE، زاویه تماس به ترتیب ۵۴/۲۰ درجه و ۶۴/۲۱ درجه اندازه گیری شده است. کاهش چشمگیر زاویه تماس در اثر حضور CPE در مقایسه با PVC خالص نشان می دهد که CPE تأثیر بیشتری در افزایش آبدوستی سطح دارد. این اثر را می توان به حضور کلر در ساختار CPE نسبت داد زیرا که دارای گروه های قطبی کلر بیشتری نسبت به PVC است، که موجب افزایش قطبیت سطح و کاهش زاویه تماس می شود. هنگامی که CPE ۵ phr به PVC اضافه می شود، توزیع یکنواخت آن در ماتریس پلیمری باعث افزایش تعداد گروه های قطبی در سطح شده و تمایل سطح به جذب آب افزایش می یابد، در نتیجه زاویه تماس به ۵۴/۲۰ درجه کاهش می یابد. در ترکیب ۱۰ phr CPE، به دلیل افزایش مقدار اصلاح کننده، ممکن است CPE در برخی نواحی ماتریس PVC تجمع پیدا کند. این تجمع می تواند باعث کاهش یکنواختی در سطح و در نتیجه کاهش اثربخشی گروه های قطبی در تماس با آب شود و در نتیجه زاویه تماس کاهش کمتری نسبت به آمیزه شاهد داشته باشد و به ۶۴/۲۱ درجه برسد.

افزودن هر دو نوع اصلاح کننده ضربه (آکریلیکی و CPE) سبب کاهش چگالی PVC نسبت به نمونه شاهد شده است. این کاهش چگالی بیانگر افزایش فاصله میان زنجیره های پلیمری و تغییر در برهم کنش های بین مولکولی در ساختار PVC است. از منظر حرارتی، چنین تغییری منجر به بهبود انعطاف پذیری آمیزه ها می شود. PVC خالص به دلیل ساختار زنجیره ای منظم و متراکم، بیشترین چگالی را در میان ترکیبات مورد بررسی دارد که این ویژگی موجب افزایش مقاومت آن در برابر عوامل فیزیکی و مکانیکی می شود. با افزودن اصلاح کننده های ضربه، به ویژه از نوع آکریلیکی، چگالی کاهش می یابد. این امر ناشی از افزایش فاصله زنجیره ای و کاهش نظم ساختاری در اثر حضور فازهای آمورف در ماتریس پلیمری است؛ که در نهایت منجر به ایجاد ساختاری نرم تر، انعطاف پذیرتر و دارای مقاومت ضربه ای بهتر می گردد. در آمیزه حاوی ۱۰ phr اصلاح کننده آکریلیک، چگالی از 1.427 g/cm^3 به 1.389 g/cm^3 رسیده است که معادل کاهش ۲/۶۶ درصد نسبت به نمونه شاهد است. حضور CPE نیز

مراج

- [1] Krzysztof, L., Katarzyna, S., Polymers, 2022, 14, 3035.
- [2] Visakh, P. M., Raluca, N., D., Springer Series on Polymer and Composite Materials, 2022.
- [3] George, W., ChemTec Publishing, chapter 2, 2020.
- [4] Tao, W., Xuejian, L., Ying, X., ShaoYun, G., The Royal Society of Chemistry, 2020, volume 10, P 44584-44592.
- [5] Schiller, M., Basalp, M., Sahin, A., Aldanmaz, B., 2014, The 12th International PVC Conference.
- [6] Imran, N., U., Suhail, A., S., Shaheen, A., Pak. J. Anal. Environ. Chem. 2010, Volume 11, No. 2, P 44-50.

در کاهش چگالی آمیزه نقش دارد که این موضوع گویای افزایش فاصله بین مولکولی و کاهش نظم زنجیره‌های PVC می‌باشد. در آمیزه حاوی ۱۰ phr CPE، چگالی از $1/427 \text{ g/cm}^3$ به $1/407 \text{ g/cm}^3$ رسیده است که معادل کاهش ۱/۴۰ درصد نسبت به نمونه شاهد است (شکل ۱).



شکل ۱: مقایسه نتایج آزمون چگالی آمیزه‌ها در مقابل نمونه شاهد.

۴. نتیجه‌گیری

بررسی‌های ساختاری و فرایندی نشان داد که اصلاح‌کننده‌ها تأثیرات قابل توجهی بر رفتار ساختاری آمیزه‌ها داشته‌اند. در حضور ۱۰ phr اصلاح‌کننده ضربه آکریلیک، به دلیل حضور گروه‌های قطبی، زاویه تماس از $88/28^\circ$ در PVC خالص به $67/08^\circ$ و در حضور ۱۰ phr اصلاح‌کننده ضربه CPE به دلیل حضور گروه‌های قطبی کلر، زاویه تماس به $64/21^\circ$ کاهش یافت. PVC خالص، به دلیل ساختار زنجیره‌ای منظم و متراکم، بالاترین چگالی را در میان ترکیبات مورد بررسی داراست؛ ویژگی‌ای که منجر به افزایش مقاومت آن در برابر عوامل فیزیکی و مکانیکی می‌شود. با افزودن اصلاح‌کننده‌های ضربه، حضور فازهای آمورف در ماتریس پلیمری موجب افزایش فاصله بین زنجیره‌ها و کاهش نظم ساختاری می‌گردد. در نتیجه، چگالی کاهش یافته و ساختاری نرم‌تر، انعطاف‌پذیرتر و با مقاومت ضربه‌ای بالاتر حاصل می‌شود. در آمیزه حاوی ۱۰ phr اصلاح‌کننده آکریلیک، چگالی از $1/427 \text{ g/cm}^3$ به $1/389 \text{ g/cm}^3$ رسید. حضور ۱۰ phr CPE نیز به دلیل افزایش فاصله بین مولکولی و کاهش نظم زنجیره‌های PVC باعث چگالی از $1/427 \text{ g/cm}^3$ به $1/407 \text{ g/cm}^3$ شد که معادل کاهش ۱/۴۰ درصد نسبت به نمونه شاهد است.

قدردانی

این پژوهش با همکاری دانشگاه فردوسی مشهد در زیرگروه تخصصی شیمی پلیمر، گروه شیمی، دانشکده علوم تحت عنوان پروژه کارشناسی ارشد شیمی پلیمر (کد طرح: ۳/۶۱۹۴۷) انجام شده است.