



بررسی اثر پرتو الکترون بر خواص مکانیکی آلیاژ EVA/LDPE تقویت شده با الیاف شیشه

محمد جواد امراللهی، فرید بهبودی سعدآباد*، حسینعلی بابایی

سازمان انرژی اتمی، پژوهشگاه علوم و فنون هسته‌ای، پژوهشکده کاربرد پرتوها (یزد)

خلاصه

اثر پرتو الکترون بر خواص مکانیکی آلیاژ EVA/LDPE تقویت شده با الیاف شیشه مورد بررسی قرار گرفت. در این آلیاژ از EVA دارای ۱۸ درصد وزنی وینیل استات (VA) استفاده شد. پلیمر EVA به دلیل ریزساختار مناسب برای ایجاد اتصالات عرضی مورد استفاده قرار گرفت و میزان ژل ایجاد شده در اثر پرتو دهی الکترون از طریق آزمون ژل به دست آمد. خواص مکانیکی آلیاژ قبل و بعد از پرتو دهی اندازه‌گیری و مقایسه شد. مشاهده گردید که با پرتو دهی آلیاژ با دز ۶۰ kGy درصد بالایی از اتصالات عرضی ایجاد شد و استحکام کششی افزایش یافت.

کلید واژه: آلیاژ، EVA، استحکام کششی، میزان ژل، الیاف شیشه

مقدمه

قرار دادن پلیمرها در معرض پرتوهای پر انرژی مانند پرتو الکترون (EB) روشی شناخته شده برای اصلاح و بهبود خواص محصولات و آمیزه‌های پلیمری به شمار می‌رود [۱]. امروزه آلیاژهای پرتو دهی شده پلی‌الفین‌ها به دلیل خواص مهندسی بهتر از هموپلیمرهای اولیه کاربردهای تجاری و صنعتی گسترده‌ای در صنایع مختلف پیدا کرده‌اند. آلیاژهای EVA/LDPE شبکه‌شده توسط پرتو دهی به طور گسترده‌ای به شکل محصولات قابل انقباض حرارتی مورد استفاده در صنایع سیم و کابل و ساخت عایق‌های الکتریکی مورد استفاده قرار می‌گیرند [۲ و ۳].

به دلیل کاربردهای فراوان این روش در بهبود خواص پلیمرها، محققان بسیاری در این زمینه تحقیق کرده‌اند. اثر پرتو الکترون بر خواص آلیاژ EVA/LDPE توسط برهانی و همکاران [۲] مورد بررسی قرار گرفته است. همچنین دالای و همکارانش [۳] تاثیر پرتو گاما بر سازگاری و مورفولوژی این آلیاژ را بررسی کرده‌اند. در این مقاله اثر پرتو دهی الکترون در هوا بر خواص مکانیکی آلیاژ EVA/LDPE تقویت شده با الیاف شیشه مورد بررسی قرار گرفت.



روش کار

مواد

از آلیاژ EVA/LDPE شرکت PTL آلمان با شاخص جریان مذاب $4 \text{ gr}/10 \text{ min}$ (در دمای 160°C تحت وزن $21/6 \text{ kg}$) استفاده شد. برای تقویت خواص مکانیکی از الیاف شیشه به صورت رشته‌های خردشده^۱ با قطر $13 \mu\text{m}$ و طول $4/5 \text{ mm}$ با نام تجاری A 508 ساخت شرکت چینی JUSHI GRUOP استفاده گردید.

روش آماده سازی نمونه و آزمون‌ها

آلیاژ EVA/LDPE حاوی ۰، ۵، ۱۰ و ۱۵ درصد وزنی الیاف شیشه با استفاده از مخلوط کن داخلی^۲ مدل ۳۵۰ E ساخت شرکت Brabender آلمان به مدت ۱۰ دقیقه در دمای 190°C با دور 120 rpm مخلوط شد تا آمیزه‌ای یکنواخت به دست آید. سپس با استفاده از دستگاه پرس مدل Laboratory Platen Press (Type P200P) ساخت شرکت Dr. COLLIN آلمان در دمای 190°C و تحت فشار 100 bar ورق‌هایی با ضخامت $0/2 \pm 2 \text{ mm}$ از این آمیزه‌ها تهیه شد. این ورق‌ها با استفاده از شتاب دهنده الکترون مدل TT200 Rhodotron با انرژی پرتو 10 Mev (در مجتمع کاربرد پرتوها- یزد) تحت پرتو 60 kGy قرار گرفت.

درصد ژل با استفاده از سوکسله در حلال زایلن جوشان و محاسبه جرم ماده حل شده و حل نشده در محلول مطابق استاندارد ASTM D ۱۴۹ به دست آمد. استحکام کششی و ازدیاد طول در نقطه پارگی نمونه‌ها قبل و بعد از پرتو دهی با استفاده از دستگاه کشش مطابق استاندارد ASTM D ۶۳۸ به دست آمد.

نتایج

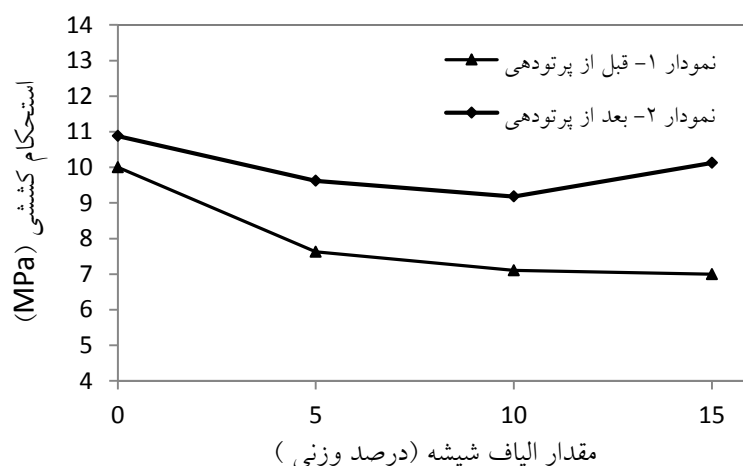
نمونه‌ها بعد از آماده‌سازی به صورت ورق تحت پرتو دهی الکترون با دز 60 kGy قرار گرفتند. درصد ژل ایجاد شده در اثر پرتو دهی نشان‌دهنده دانسیته اتصالات عرضی ایجاد شده در ماتریس پلیمر است. درصد ژل با استفاده از مقدار وزن نمونه نهایی m_1 نسبت به ماده اولیه m_0 و با در نظر گرفتن درصد جزء غیر قابل حل اولیه f از رابطه (۱) محاسبه شد [۴]:

^۱ Chopped Strand
^۲ Internal Mixer

$$GC = \left(1 - \frac{m_1}{m \cdot (1-f)}\right) \times 100 \quad \text{رابطه (۱)}$$

درصد ژل (GC) در این نمونه‌ها ۵۲٪ محاسبه شده است.

قرار دادن پلیمرها در معرض پرتو پراثرژی الکترون خواص مکانیکی و فیزیکی آنها را به شدت تحت تاثیر قرار می‌دهد. وجود درصد مناسبی از اتصالات عرضی بین زنجیرهای پلیمر موجب تقویت خواص آنها می‌شود در حالی که ایجاد درصد بیش از حد این شبکه‌های عرضی موجب افت خواص صنعتی و شکنندگی بیشتر پلیمرها می‌شود [۳]. آزمون کشش بر روی نمونه‌ها قبل و بعد از پرتودهی انجام شد. نتایج این آزمون در شکل ۱ و ۲ و ۳ نمایش داده شده است.



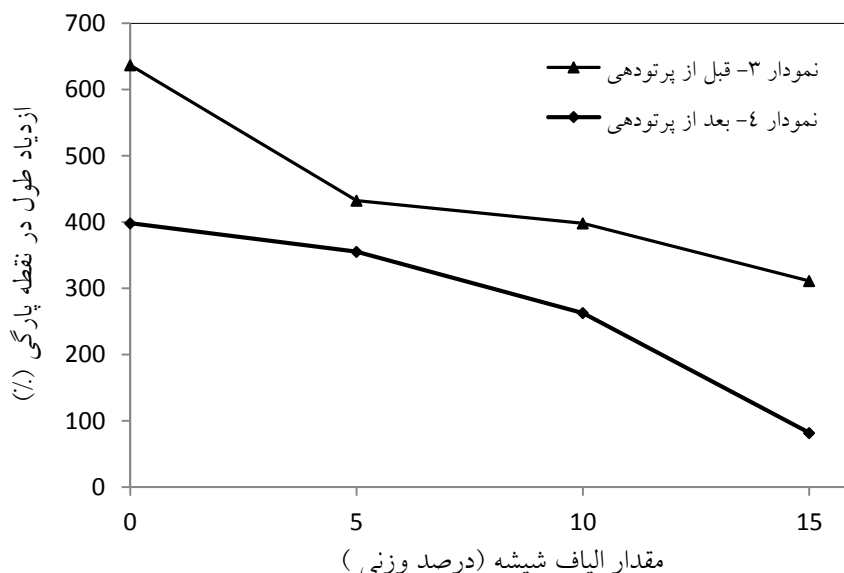
شکل ۱- تغییرات استحکام کششی بر حسب مقدار وزنی الیاف شیشه

بحث و نتیجه‌گیری

خنک‌دار و همکارانش در بررسی آمیزه‌های LDPE و HDPE مشاهده نمودند فاز بلورین به دلیل محدودیت‌های حرکتی زنجیرهای پلیمر در ایجاد اتصالات عرضی و تشکیل ساختار سه‌بعدی شرکت نمی‌کند و هرچه درصد

فاز آمورف در ماتریس بیشتر باشد درصد ژل ایجاد شده بیشتر است [۱]. عدم تغییر درصد ژل نشان می‌دهد که حضور افزودنی‌های معدنی در آمیزه تاثیر زیادی بر ریزساختار و درصد فاز آمورف ندارد.

همانطور که مشاهده می‌شود قبل از پرتودهی، با افزایش درصد الیاف شیشه میزان استحکام کششی (نمودار ۱) و ازدیاد طول در نقطه پارگی (نمودار ۳) نمونه‌ها کاهش پیدا می‌کند و هرچه میزان الیاف بیشتر باشد مقدار این کاهش بیشتر است. بیشترین مقدار کاهش در ازدیاد طول در نقطه پارگی و استحکام کشش در نمونه حاوی ۵ درصد الیاف شیشه مشاهده می‌شود. با افزایش درصد الیاف شیشه به ۱۰ و ۱۵ درصد افت این خواص با شدت کمتری صورت می‌گیرد.

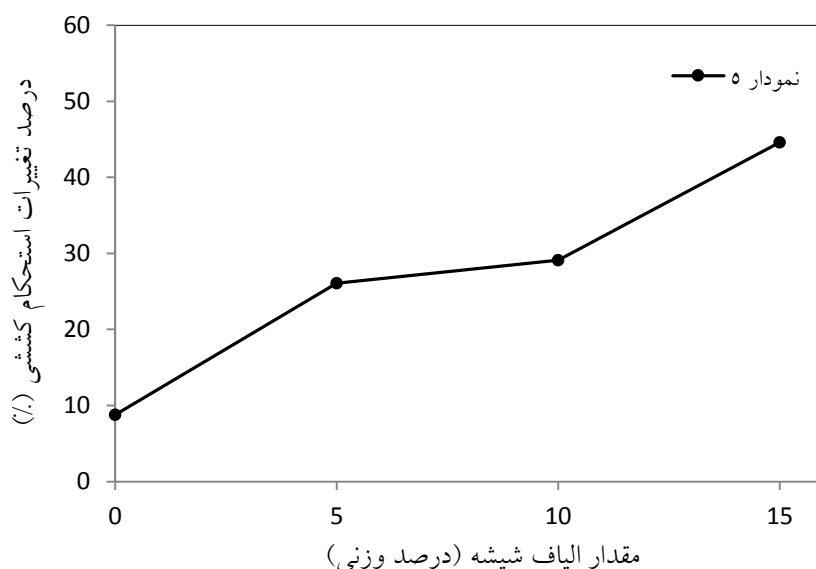


شکل ۲- تغییرات ازدیاد طول در نقطه پارگی بر حسب مقدار وزنی الیاف شیشه

روند تغییرات استحکام کششی بر حسب درصد الیاف شیشه بعد از پرتودهی در نمودار ۲ نشان داده شده است. در تمام نمونه‌ها مستقل از درصد الیاف، استحکام کششی بعد از پرتودهی افزایش پیدا کرده است.

روند تغییر درصد افزایش استحکام کششی بر حسب میزان الیاف شیشه در شکل ۳ (نمودار ۵) نشان داده شده است. مشاهده می‌شود که هرچه میزان الیاف شیشه در نمونه بیشتر باشد میزان افزایش استحکام کششی بیشتر

است. در نمونه بدون الیاف شیشه استحکام کششی بعد از پرتو دهی تنها ۸/۸٪ افزایش پیدا کرده است در حالی که این مقدار در نمونه حاوی ۱۵ درصد الیاف شیشه ۴۴/۶۳٪ است. این اثر را می‌توان به برهمکنش بیشتر الیاف شیشه و بستر پلیمری نسبت داد. پرتو پراثرژی الکترون موجب برانگیخته شدن الکترون‌ها در سطح مواد می‌شود و احتمال ایجاد پیوند افزایش پیدا می‌کند. در نتیجه استحکام کششی آمیزه افزایش پیدا می‌کند و با ایجاد برهمکنش‌های قوی‌تر بین الیاف و ماتریس حرکت زنجیرهای پلیمر تحت کشش سخت‌تر صورت می‌گیرد. این اثر موجب کاهش ازدیاد طول در نقطه پارگی می‌شود (نمودار ۴).



شکل ۳- درصد تغییرات استحکام کششی بر حسب مقدار وزنی الیاف شیشه بعد از پرتو دهی

بنابراین پرتو دهی الکترون موجب ایجاد شبکه عرضی در آلیاژ EVA/LDPE تقویت شده با الیاف شیشه گردید. مشاهده شد شبکه عرضی ایجاد شده مستقل از درصد الیاف است. همچنین بعد از پرتو دهی هرچه درصد الیاف شیشه در نمونه بیشتر باشد استحکام کششی بیشتر می‌شود. شبکه‌های عرضی ایجاد شده در حین پرتو دهی موجب تقویت پیوند بین زنجیرهای پلیمر می‌شود و استحکام کششی را افزایش می‌دهد. از طرفی با ایجاد پیوندهای عرضی بین زنجیرهای پلیمر قابلیت تحرک آنها کاهش می‌یابد و در نتیجه ازدیاد طول در نقطه پارگی کاهش پیدا می‌کند.



مراجع

- [۱] H. A. Khonakdar, "Effect of electron-irradiation on cross-link density and crystalline structure of low – and high-density polyethylene", *Radiation physics and chemistry*, ۷۰, ۱, pp ۷۸-۸۶, (۲۰۰۶)
- [۲] M. Borhani, "Electrical properties of EVA/LDPE blends irradiated by high energy electron beam", *NUKLEONIKA*, ۵۲, ۲, pp ۷۷-۸۱, (۲۰۰۷)
- [۳] S. Dalai, "Radiation Effects on HDPE/EVA Blends", *Journal of applied polymer science*, ۸۶, ۳, pp ۵۵۳-۵۵۸, (۲۰۰۲)
- [۴] J.A. Reyes-Labarta, "DSC and TGA study of the transitions involved in the thermal treatment of binary mixtures of PE and EVA copolymer with crosslinking agent", *Polymer*, ۴۷, ۲۴, pp ۸۱۹۴-۸۲۰۲, (۲۰۰۶)