POLYM PART
مرجع پلیمر در بازار ایران

روش‌های مشخص نمودن پیری پلیمر: از ابتدا تا انتها

چکیده

پلیمرها به‌طور گسترده‌ای در زمینه‌های مختلف در امور روزمره و ساخت استفاده می‌شوند. علیرغم آگاهی از پیری تهاجمی[1] و اجتناب ناپذیر برای پلیمرها، هنوز انتخاب استراتژی هویت‌شناسی[2] مناسب برای ارزیابی رفتارهای پیری[3] به‌عنوان چالشی باقی مانده است. مشکلات در این واقعیت نهفته است که ویژگی‌های پلیمری از مراحل مختلف پیری به روش‌های متفاوتی نیاز دارند. در این بررسی، مرور کلی از استراتژی‌های خصوصیات ترجیحی برای مراحل اولیه، تسریع‌شده و در نهایت جریان پیری پلیمر[4] ارائه می‌گردد. استراتژی‌های بهینه[5] برای توصیف تولید رادیکال‌ها، تنوع گروه‌های عاملی[6]، شکست قابل توجه زنجیره[7]، ایجاد محصولات با موادی با جرم مولکولی پایین[8] و زوال در عملکرد کلی پلیمرها[9] مورد بحث قرار گرفته‌اند. با توجه به مزایا و محدودیت‌های این روش‌های هویت‌شناسی، استفاده از آنها در رویکرد استراتژیک مورد توجه قرار می‌گیرد. علاوه‌بر این، رابطه ساختار–خواص[10] برای پلیمرهای قدیمی[11] برجسته می‌گردد و راهنمایی‌های موجود را برای پیش‌بینی طول عمر[12] ارائه می‌نماید. این بررسی می‌تواند به مخاطبان اجازه دهد تا از خواص پلیمرها در مراحل مختلف پیری آگاهی داشته باشند و دسترسی به انتخاب روش‌های مشخصه‌یابی[13] بهینه را فراهم نمایند. به‌طورکلی باور براین است که بررسی جوامعی را که به علم مواد و شیمی اختصاص دارند را جذب خواهد نمود.

کلمات کلیدی: هویت شناسی، پیری پلیمر، مدت‌زمان نگهداری، استراتژی بهینه‌سازی، ریز ساختار.

پیش‌بینی ونتیجه‌گیری نهایی

[1] inevitable aging
[2] characterization strategy
[3] aging behavior
[4] polymer aging
[5] optimum strategies
[6] functional groups
[7] substantial chain scission
[8] low-molecular products
[9] deterioration in the polymers' macro-performances
[10] structure–property relationship
[11] aged polymers
[12] lifetime
[13] optimum characterization techniques

جهت جلوگیری از پیری پلیمر در فرآیند این پژوهش، مسئله اصلی این است که خواص ریزساختار[1] و خواص کلی مربوطه را برای پلیمرهای قدیمی مشخص می‌نماید. این ویژگی‌ها در طول تکامل پیری[2] به عنوان مراحل اولیه شروع، تسریع رادیکال، شکسته‌شدن زنجیره و مراحل پیری دیررس[3] برای پلیمرها متفاوت است. که از جمله چنین تکامل‌هایی در پیری پلیمری دخیل است: (الف) تشکیل رادیکال‌ها[4]، گروه‌های عاملی و بخش‌های مزدوج، (ب) کاهش وزن مولکولی[5]، یکپارچگی ساختاری[6] و برخی از گروه‌های عملکردی ایجاد شده (پ) نقص در شکل‌شناسی[7] و خصوصیات کلی و(ت) تولید محصولات با وزن مولکولی کوچک[8]. با توجه به آگاهی از تغییرات در مرحله فعلی و کاربرد ابزارها، می‌توان توصیفی مناسب را انتخاب نمود. در این بررسی، رویکردهای خصوصیات بر اساس ویژگی‌های متمایز در مراحل مختلف پلیمرها خلاصه شده است. تجزیه و تحلیل طیفی[9]، مطالعه کمی[10]، و تجسم تصویربرداری[11] جهت این روش‌های مشخصه‌یابی برای پلیمرها از ابتدا تا انتها انجام شده است. در درازمدت می‌توان روش‌های مناسب و دقیق را برای هر مرحله انتخاب نموده که سبب تسهیل مطالعه ساز و کار و طراحی مواد برای محققین می‌گردد.

در آینده، توجه بیشتری به پلیمرهای سبک وزن[12] به‌عنوان استراتژی مقرون به‌صرفه برای کاهش وابستگی به هزینه‌های منابع انرژی معرفی شده است. تمرکز تحقیقات نه تنها بر دوام و قابلیت اطمینان پلیمرهای در حال خدمت است، بلکه بر مدیریت پایدار مواد پلیمری قدیمی یا رها شده نیز متمرکز می‌باشد. ازجمله مسائل زیست محیطی مرتبط با میکرو/ نانو پلاستیک[13] و تجمع پلیمرهای زائد[14] مورد توجه قرار گرفته است. بنابراین، استراتژی‌های ارزیابی بر روی پلیمرها باید براساس پایداری و سازگاری با محیط‌زیست برنامه‌ریزی شود و برای پلیمرهای تازه تولید شده، در حال خدمت، هدر رفته، بازیافت‌شده و تخریب‌شده تطبیق داده شود. به‌ویژه، خواص پلیمرهای بازیافتی[15] جهت ارزیابی طول عمر باقی‌مانده تا شکست بررسی می‌گردد و امکان استفاده مجدد و نقش حیاتی در اقتصاد پایین کربن ایفا می‌نماید. این جنبه‌ها نه تنها الزامات بلکه چالش‌هایی جهت ارزیابی پیری پلیمر هستند.

---

[1] macro-property
[2] along the aging evolution
[3] late-aging stages
[4] formation of radicals
[5] reduction in the molecular weight
[6] Structural integrity
[7] Failure in the morphology
[8] small-molecular-weight
[9] Spectral analysis
[10] quantitative study
[11] imaging visualization
[12] lightweight polymers
[13] micro-/nano-plastics
[14] waste polymers
[15] recycled polymers

جهت برآورده نمودن این الزامات، استراتژی‌های ارزیابی در مورد تکامل پیری پلیمرها باید بیشتر مورد بررسی قرار گیرد. ابتدا، ترکیبی از روش‌های چندگانه و بین‌رشته‌ای به‌منظور ارائه درک جامعی از پیری پلیمر مورد بررسی قرار می‌گیرد. چنین ترکیبی بیش از مجموعه‌ای از قطعات از روش‌های مختلف است و حمایت قابل توجهی در هر دو زمینه خرد و کلان جهت یافتن پیچیدگی و معماهای فعلی ارائه می‌نماید. دوم، تعیین خصوصیات درجا و پایش بلادرنگ[1] برای پلیمرهای موجود کاربردی بسیار مورد نیاز است. در حال حاضر، خصوصیات بسیار محدودی را می‌توان برای پلیمرهایی که تحت واکنش پیری[2] قرار می‌گیرند، درک نمود و بیشتر اندازه گیری‌ها در خارج از محل انجام می‌شوند. دلیل آن به مراحل فرآیند مخرب روش‌های فعلی نسبت داده می‌شود. بر این اساس، توسعه روش‌های توصیف، به‌ویژه در شرایط کاری، دستاوردی هیجان‌انگیز و مهم خواهد بود. سوم، استراتژی تصویربرداری می‌تواند تغییرات بصری پلیمرها را در جریان پیری فراهم نماید. روش‌های تصویربرداری سه‌بعدی، غیرمخرب و بسیار حساس می‌توانند اطلاعات کافی برای پلیمرهای پیر شده ارائه دهند. پیش‌بینی می‌شود که ابزارهای توصیف تصویربرداری ساده‌سازی و کوچک‌سازی شوند تا کاربردهای تصویربرداری گسترش یابد. اما آخرین مورد، پیش‌بینی طول عمر برای پلیمرها یا محصولات پلیمری در جریان کاربرد آن در محصول باید با رویکردی راحت‌تر، دقیق‌تر و حساس‌تر انجام شود. با افزایش دقت و کوتاه شدن زمان جهت بدست آوردن طول عمر باقیمانده پلیمرها، می‌توان اقدامات موثرتری برای مقابله با پیری انجام داد. براین اساس، طول عمر و پیامدهای زیست محیطی مواد پلیمری را می‌توان قبل از عرضه به بازار حاصل گردد. مشتاقانه پیش‌بینی می‌شود که بررسی‌ها بتواند پشتیبانی آموزنده‌ای را برای جامعه اختصاص داده شده به مواد پلیمری فراهم نموده و به‌طراحی پلیمرهای قابل کنترلی کمک شود که در کاربردهای بادوام و در صورت تقاضا تجزیه‌پذیر هستند، باشد.

Reference

Tian R, Li K, Lin Y, Lu C, Duan X. Characterization techniques of polymer aging: From beginning to end. Chemical Reviews. 2023 Feb 20;123(6):3007-88.

DOI: 10.1021/acs.chemrev.2c00750

[1] in situ characterization and real-time monitoring
[2] Aging reaction