

## بررسی خواص گرانبه‌های قیر تقویت شده با پلیمر پلی‌اتیلن تحت بارگذاری استاتیکی

اساتید راهنما: سید مهدی حجازی، سید مهدی ابطی  
دانشجوی کارشناسی ارشد: علی پورنمازیان نجف‌آبادی  
دانشگاه صنعتی اصفهان، ۱۳۹۵

با توجه به افزایش روزافزون تقاضای حمل و نقل جاده‌ای از یک سو و وجود ضعف‌های اساسی و ساختاری در قیر و نیز بروز خرابی‌های درخور توجه در روسازی‌های آسفالت از سوی دیگر، یکی از مهم‌ترین دغدغه‌های جوامع مهندسی، بهبود خواص قیر مصرفی برای تولید مخلوط‌های بتن آسفالتی با ویژگی‌ها و عملکرد بهتر است. از میان موادی که برای اصلاح خواص قیر و به بیان دیگر تقویت آن، استفاده می‌شوند، می‌توان به پلیمرها اشاره کرد. پلی‌اتیلن کم‌چگالی از رایج‌ترین انواع پلیمرهاست که در سال‌های گذشته پژوهشگران بسیاری به بررسی آثار افزودن این ماده به قیر، اقدام کرده‌اند. نتایج انتشار یافته حاکی از رضایت‌بخش بودن این اقدام است. هدف از این پژوهش، بررسی خواص گرانبه‌های قیر تقویت شده با پلیمر پلی‌اتیلن تحت بارگذاری استاتیکی است. بدین منظور با در نظر گرفتن پارامترهایی نظیر نوع و درصد پلی‌اتیلن (۰، ۲، ۴، ۶ و ۸ درصد نسبت به وزن قیر)، زمان و دمای اختلاط قیر با پلی‌اتیلن، روش به کار رفته برای اختلاط و دمای آزمایش، نمونه‌های قیر تقویت شده با پلی‌اتیلن ساخته و آزمون شدند. برای هر نمونه، با روش باقی‌مانده‌های متوالی، پس از یافتن کرنش‌ها و سختی خزشی در زمان‌های مختلف، تعداد مدل کلون مورد نیاز و ثابت‌های مدل‌های ماکسول و کلون توصیف کننده خواص گرانبه‌های قیر تقویت شده، به دست آمده و با هم مقایسه شدند.

## تهیه میکروکپسول‌های پلی‌یورتانی با هسته IPDI و مطالعه خواص مکانیکی پوشش‌های برپایه رزین پلی‌یورتانی حاوی میکروکپسول و نانوذرات رس

اساتید راهنما: سید مجتبی میرعابدینی، شهلا پاژکی فرد  
دانشجوی کارشناسی ارشد: فرهاد علیزادگان  
پژوهشگاه پلیمر و پتروشیمی ایران، ۱۳۹۵

در این پژوهش، پیش‌پلیمر یورتانی از واکنش تولوئن دی‌ایزوسیانات (TDI) و ۴،۱- بوتان دی‌آل در حلال بوتیل استات تهیه شد. هویت‌شناسی پیش‌پلیمرهای تهیه شده با استفاده از روش‌های طیف‌سنجی FTIR و تعیین مقدار گروه‌های NCO آزاد به روش تیتراژ و تعیین متوسط جرم مولکولی پیش‌پلیمر به روش کروماتوگرافی ژل تراوایی (GPC) انجام شد. سپس در محیط آمولسیون روغن در آب، میکروکپسول‌هایی با هسته IPDI و پوسته پلی‌یورتانی به روش پلیمرشدن بین‌سطحی در قطرهای ۱۲۰-۲۰۰ μm (با تغییر سرعت همزن) تهیه شد. هویت‌شناسی میکروکپسول‌های تهیه شده به روش‌های متداول نظیر تعیین اندازه ذرات و توزیع آن‌ها و ضخامت پوسته و بررسی شکل‌شناسی با استفاده از میکروسکوپ‌های نوری و الکترونی، واکنش ایزوسیانات و دی‌آل با FTIR و خواص گرمایی و نیز تعیین نسبت وزنی هسته به پوسته با آزمون گرماوزن‌سنجی (TGA) انجام شد. سپس، امکان استفاده از میکروکپسول‌های تهیه شده در پوشش‌های برپایه رزین یورتانی با مقدار بهینه نانوذرات خاک رس و بدون آن، به منظور ایجاد خاصیت خودترمیمی و بهبود خواص مکانیکی پس از ایجاد نقص در پوشش بررسی شد. خواص مکانیکی پوشش‌های حاوی میکروکپسول‌های دارای هسته IPDI، نانوذرات خاک رس و تلفیق آن‌ها با انجام آزمون استحکام کششی و خواص خودترمیمی به‌طور بصری با استفاده از پاشش مه‌نمک بررسی شد. نتایج آزمون‌های خودترمیمی نشان داد، پوشش‌های حاوی میکروکپسول‌های تهیه شده، قابلیت ترمیم خراش در مجاورت رطوبت را دارند. هر چه مقدار میکروکپسول در پوشش بیشتر باشد، ترمیم محل آسیب دیده بهتر انجام می‌شود. وجود میکروکپسول‌های کروی تا حدودی با ایجاد تمرکز تنش باعث کاهش مقاومت پوشش می‌شود که برای حل این مشکل از نانوذرات خاک رس استفاده شد. نتایج آزمون کشش نشان داد، وجود نانوذرات در پوشش، افت خواص مکانیکی ناشی از میکروکپسول‌ها را تا حدودی جبران می‌کند. نتایج کلی پژوهش نشان داد، امکان جایگزینی حلال کلروبنزن با حلال کم‌خطرتر بوتیل استات، در تهیه میکروکپسول‌های بر پایه پوسته و هسته یورتانی، وجود دارد.

## سنتر و بررسی خواص پلی‌ایمیدهای جدید و نانوکامپوزیت‌های پلی‌ایمید- $Fe_3O_4$ و پلی‌ایمید-MWCNT

استاد راهنما: زهرا رفیعی

دانشجوی دکتری: مریم سادات راسخ

دانشگاه یاسوج، ۱۳۹۵

در بخش اول این پژوهش، مونومر دی‌آمین آروماتیک ۵،۳-دی‌آمینو-۵،۴-(۴-N-دی‌فنیل-۱H-ایمیدازول) فنیل) بنزآمید به روش واکنش تراکمی ۴-(۵،۴-دی‌فنیل-۱H-ایمیدازول) بنزآمین با ۵،۳-دی‌نیتروبنزوئیل کلرید و سپس کاهش با هیدرازین مونوهیدرات و Pd/C سنتز شد. در بخش دوم، با روش پلی‌ایمیدی شدن شیمیایی و گرمایی بین مونومر دی‌آمین با دی‌انیدریدهای مختلف شامل پیروملیتیک دی‌انیدرید، بنزوفنون تتراکربوکسیلیک دی‌انیدرید، نفتالن ۸،۵،۴،۱-تتراکربوکسیلیک دی‌انیدرید و ۴،۴-(هگزافلوروایزوپروپیلیدن) دی‌فتالیک انیدرید، پلی‌آمیک اسید تشکیل شد. سپس با حلقه‌زایی، پلی‌ایمیدهای متناظر تشکیل شدند. حلقه‌زایی شیمیایی پلی‌آمیک اسید با معرف‌های متراکم کننده استیک انیدرید و پیریدین انجام شد. در بخش سوم، نانوکامپوزیت‌های پلی‌ایمید حاوی نانوذرات  $Fe_3O_4$  به روش تابش فراصوت تهیه شدند. برای جلوگیری از تجمع نانوذرات  $Fe_3O_4$  درون شبکه‌های پلیمر، سطح آن با معرف مزدوج کننده آمینوپروپیل تری‌اتوکسی سیلان (KH550) اصلاح شد. در بخش چهارم، نانوکامپوزیت‌های پلی‌ایمید حاوی نانولوله‌های کربنی چنددیواره کربوکسیل دار تهیه شدند. با استفاده از روش اختلاط در محلول به کمک امواج فراصوت، نانولوله‌های کربنی با درصد‌های وزنی مختلف ۵، ۱۰ و ۱۵٪ وزنی نسبت به وزن پلیمر در بافت پلیمر پخش و توزیع شد و نانوکامپوزیت‌های مربوط تهیه شدند. ساختار و ویژگی‌های مونومر و همچنین ساختار، ویژگی فیزیکی، پایداری گرمایی، انحلال‌پذیری، گرانشی ذاتی، مقدار پتانسیل اکسایش و بیشینه جذب طول موج پلی‌ایمیدها با فنون HNMNR، TGA، CV، XRD، FTIR و UV-Vis شناسایی شدند. تشکیل نانوکامپوزیت‌ها نیز به کمک FTIR، XRD، TEM، SEM و TGA تایید شد.

### تهیه و پیوند ضداکسنده اولیه بر هوموپلیمر پلی‌پروپیلن

اساتید راهنما: شروین احمدی، حسن عربی

دانشجوی دکتری: امین منطقی

پژوهشگاه پلیمر و پتروشیمی ایران، ۱۳۹۵

به منظور بهبود پایداری گرمایی پلی‌پروپیلن در درازمدت، مونومرهای ضداکسنده غیراشباع حاصل از واکنش الکل‌های بلندزنجیر تک‌عاملی با طول زنجیر و تعداد پیوندهای دوگانه غیراشباع و فنولیک اسیدهای ممانعت شده دارای خواص رادیکال‌زدایی سنتز شده و عملکرد آن‌ها در دو حالت اختلاط و پیوندزنی محلولی روی پلی‌اولفین‌ها بررسی شد. پیوندزنی محلولی در مجاورت مقادیر اندکی از پراکسیدهای مختلف (متیل اتیل کتون پراکسید، دی‌کومیل پراکسید و ۵،۲-دی‌متیل-۵،۲-دی‌ترشیوبوتیل پراکسید هگزان) انجام شد. نتایج نشان داد، عواملی چون طول زنجیر هیدروکربنی، تعداد پیوندهای غیراشباع و نوع گروه متصل در موقعیت پارا روی حلقه فنولیک اسید نقش بسزایی روی بازدهی رادیکال‌زدایی در ماتریس پلیمر دارند. با این وجود، به علت واکنش‌های رقابتی آغازگرهای پراکسیدی و گروه‌های پایدارکننده، بازدهی واکنش پیوندزنی رادیکالی کم مشاهده شد. ضداکسنده‌های پلیمری به دست آمده از این مرحله موفقیت لازم را برای ایجاد پایداری گرمایی به عنوان مستریج ضداکسنده نداشتند. برای برطرف کردن مشکل محدودیت برقراری اتصال کووالانسی بین پلیمر و گروه‌های فنولی ممانعت شده، در مرحله دوم طرح روش آسانی برای تهیه ضداکسنده با وزن مولکولی زیاد معرفی شد که قابلیت فعالیت هم‌زمان را به عنوان سازگارکننده و پایدارکننده داشته باشد. ضداکسنده‌ها از واکنش ۳-(۵،۳-دی‌ترشیوبوتیل-۴-هیدروکسی فنیل) پروپیونیک اسید با کوپلیمر اتیلن وینیل استات آبکافت‌شده و کوپلیمر اتیلن (۱-اکتن) پیوندیافته با مونومرهای بلندزنجیر حاوی گروه‌های هیدروکسیل تهیه شدند. ساختار، خواص گرمایی و ترکیب ضداکسنده‌های بزرگ-مولکول (EVOAP و POE-A) بررسی شدند. پایدارکننده‌های سنتز شده پایداری بسیار زیادی در برابر اکسایش گرمایی در مقایسه با نمونه‌های پایدار شده تجاری نشان دادند. در مرحله سوم، تهیه ضداکسنده‌های پلیمری بر پایه پلی‌پروپیلن مطالعه شد. برای دستیابی به این مقصود از اصلاح شیمیایی سطح روی پودر پلیمر پایدار نشده و عامل‌دار کردن آن با گروه‌های آمین و هیدروکسیل استفاده شد. نمونه‌های عامل‌دار شده با فرایند اختلاط واکنشی به گروه‌های پایدارکننده متصل شده و ساختارهای ضداکسنده با جرم مولکولی زیاد شکل گرفتند. ساختار پلی‌پروپیلن عامل‌دار شده با گروه‌های فنول ممانعت شده با روش طیف‌سنجی IR مطالعه و خواص گرمایی و مقاومت به تخریب اکسایشی با آزمون TGA بررسی شدند. نتایج نشان داد، گروه‌های پایدارکننده متصل به فیلم‌های عامل‌دار شده با موفقیت قابلیت جلوگیری از تخریب گرمایی را دارند.