

سورة الاحقاف



گروه شیمی

سنتز پلی (استر-ایمید)های جدید و تهیه نانوکامپوزیت های پلی
ایمید-ارگانو کلای جدید بر پایه ۳،۱ بیس (پارا آمینو فنوکسی)
پروپان

توسط:

نرجس امام دادی

استاد راهنما:

دکتر خلیل فقیهی

استاد مشاور:

دکتر علیرضا کریمی

دانشگاه اراک

تیرماه ۸۹

چکیده

در این پایان نامه سری جدیدی از پلی (استر - ایمید) های بر پایه ۱،۳- بیس (۴- آمینو فنوکسی) پروپان از طریق واکنش ترکیب ۳،۱- بیس [۴- (تری ملیتیمیدو) فنوکسی] پروپان با ۶ دی ال مختلف آروماتیکی به روش مستقیم تهیه شد. ساختار و خواص این پلیمرها با روش های طیف سنجی FT-IR، ¹H-NMR، اندازه گیری، ویسکوزیته درونی، آنالیز عنصری، تست های حلالیت و آنالیز گرمایی TGA-DTG مطالعه و بررسی شد. سپس چند نمونه از نانوکامپوزیت پلی ایمیدی تقویت شده با نانو ذرات ارگانو کلای بر پایه ۳،۱- بیس (۴- آمینو فنوکسی) پروپان از طریق روش محلول - بین لایه ای تهیه شد. برای تهیه فیلم های نانو کامپوزیتی با ۱ تا ۱۰ درصد ذرات ارگانو کلای، ماتریس پلی آمیک اسید اولیه را با مقادیر مناسبی از ارگانو کلای در حلال N- متیل -۲- پیرولیدون مخلوط کرده و با اعمال یک برنامه دمایی و زمانی مناسب در آن خلاء، فیلم های نانوکامپوزیتی پلی ایمید - ارگانوکلای مربوط تهیه شد. ساختار و مورفولوژی فیلم های نانوکامپوزیتی حاصله با روش طیف سنجی FT-IR، پراش اشعه X - (XRD) و میکروسکوپ الکترونی روبشی (SEM) مطالعه شد. همچنین خواص متفاوت این نمونه ها از جمله خواص گرمایی و شفافیت به ترتیب از طریق آنالیز گرمایی TGA-DTG و طیف سنجی UV-Vis مطالعه و با خواص حرارتی پلی ایمید اولیه مقایسه گردید. ماتریس پلی آمیک اسید اولیه از طریق واکنش تراکمی بین ۳،۱- بیس (۴- آمینو فنوکسی) پروپان و پیرو ملیتیک انیدرید در حلال N- متیل -۲- پیرولیدون تهیه شد.

کلید واژه: پلی (استر - ایمید)، نانوکامپوزیت، پلی ایمید، ارگانو کلای.

فهرست مطالب

عنوان	صفحه
فصل اول - مقدمه	۱
۱-۱- پلیمرهای مقاوم حرارتی	۲
۱-۱-۱- مقدمه	۲
۲-۱-۱- پایداری حرارتی	۳
۲-۱- پلی ایمیدها	۵
۱-۲-۱- برخی روش های تهیه پلی ایمید ها	۵
۳-۱- پلی (استر-ایمید) های آروماتیک	۷
۱-۳-۱- تهیه پلی (استر-ایمید) ها	۸
۴-۱- نانو فناوری	۱۰
۱-۴-۱- مواد نانو ساختار	۱۰
۵-۱- نانوکامپوزیت ها	۱۰
۱-۵-۱- مقدمه	۱۰
۲-۵-۱- طبقه بندی نانوکامپوزیت ها	۱۱
۱-۲-۵-۱- نانوکامپوزیت های پایه پلیمری	۱۱
۲-۲-۵-۱- نانوکامپوزیت های پایه سرامیکی	۱۲
۳-۲-۵-۱- نانوکامپوزیت های پایه فلزی	۱۲
۳-۵-۱- نانوکامپوزیت های پلیمر-کلاهی	۱۲
۱-۳-۵-۱- اصلاح ساختار کلاهی	۱۳
۲-۳-۵-۱- روش های سنتز نانوکامپوزیت های پلیمر-کلاهی	۱۴
۳-۳-۵-۱- نانو کامپوزیت های پلی ایمید-ارگانوکلاهی	۱۶
۴-۵-۱- نانوکامپوزیت های پلیمر-فلز	۱۷
۱-۴-۵-۱- نانوکامپوزیت های پلی ایمید - نانو ذرات نقره	۱۸
۶-۱- اهداف	۱۸
فصل دوم - بخش تجربی	۲۱
۱-۲- مواد شیمیایی	۲۱
۲-۲- دستگاهها و تجهیزات	۲۱

۲۲-۳-۲-تهیه پلی استر-ایمید بر پایه ۳،۱- بیس (۴-آمینو فنوکسی) پروپان	۲۲
۲۲-۱-۳-۲-تهیه مونومر ۳،۱- بیس (۴-نیترو فنوکسی) پروپان (۳)	۲۲
۲۲-۲-۳-۲-تهیه ۳،۱- بیس (۴-آمینو فنوکسی) پروپان (۴)	۲۲
۲۳-۳-۳-۲-تهیه ۳،۱- بیس [۴- (تری ملیتیمیدو) فنوکسی] پروپان (۶)	۲۳
۲۴-۳-۲-تهیه پلی استر-ایمید های (۸a-f) بر پایه ۳،۱- بیس (۴-آمینو فنوکسی) پروپان	۲۴
۲-۴-تهیه نانوکامپوزیت های جدید پلی ایمید-ارگانوکلاهی بر پایه ۳،۱- بیس (پارا آمینو فنوکسی) پروپان	۲۵
۲۵-۱-۴-۲-تهیه پلی ایمید (۱۰)	۲۵
۲۶-۲-۴-۲-سنتز نانوکامپوزیت ۱ درصد به روش محلول	۲۶
۲۸-فصل سوم - بحث و نتیجه گیری	۲۸
۲۹-۱-۳-بحث و نتیجه گیری	۲۹
۲۹-۱-۱-۳-تهیه پلی (استر-ایمید) های جدید بر پایه ۳،۱- بیس (پارا آمینو فنوکسی) پروپان	۲۹
۲۹-۱-۱-۱-۳-مراحل تهیه مونومر ۳،۱- بیس [۴- (تری ملیتیمیدو) فنوکسی] پروپان	۲۹
۳۳-۲-۱-۱-۳-تهیه پلی (استر-ایمید) ها، بر پایه ۳،۱- بیس (۴-آمینو فنوکسی) پروپان	۳۳
۳-۲-۱-۳-تهیه نانوکامپوزیت های پلی ایمید-ارگانوکلاهی بر پایه ۳،۱- بیس (۴-آمینو فنوکسی) پروپان	۳۷
۳۹-۳-۱-۳-نحوه محاسبه مقدار ارگانوکلاهی برای نانوکامپوزیت حاوی ۱ درصد ارگانوکلاهی	۳۹
۴۰-۴-۱-۳-بررسی ساختار نانوکامپوزیت های پلی ایمید-ارگانوکلاهی	۴۰
۴۲-۵-۱-۳-بررسی خواص نانو کامپوزیت های پلی ایمید-ارگانوکلاهی	۴۲
۴۴-۲-۳-نتیجه گیری	۴۴

فهرست جدول ها

صفحه	عنوان
۳۵.....	جدول (۱-۳): خواص پلی (استر-ایمید) های (۸a-f)
۳۵.....	جدول (۲-۳): داده های آنالیز عنصری پلی (استر-ایمید) های (۸a-f)
۳۶.....	جدول (۳-۳): حلالیت پلی (استر-ایمید) های (۸a-f)
۳۷.....	جدول (۴-۳): خصوصیات گرمایی پلی (استر-ایمید) های ۸a و ۸e
۴۳.....	جدول (۵-۳): خصوصیات گرمایی نانوکامپوزیت های پلی ایمید-ارگانوکلای

۱۳.....	شکل (۱-۱): نانو کامپوزیت‌های پلیمر-کلاهی
۱۴.....	شکل (۲-۱): اصلاح ساختار کلاهی
۴۵.....	شکل (۱-۳): طیف FT-IR ۳،۱- بیس [پاراتیروفنوکسی] پروپان (۳)
۴۶.....	شکل (۲-۳): طیف ¹ H-NMR ۳،۱- بیس [۴-آمینو فنوکسی] پروپان (۳)
۴۷.....	شکل (۳-۳): طیف FT-IR ۳،۱- بیس [۴-آمینو فنوکسی] پروپان (۴)
۴۸.....	شکل (۴-۳): طیف ¹ H-NMR ۳،۱- بیس [۴-آمینو فنوکسی] پروپان (۴)
۴۹.....	شکل (۵-۳): طیف ¹³ C-NMR ۱،۳- بیس [۴-آمینو فنوکسی] پروپان (۴)
۵۰.....	شکل (۶-۳): طیف FT-IR ۳،۱- بیس [تری ملیتیمیدو] فنوکسی] پروپان (۶)
۵۱.....	شکل (۷-۳): طیف ¹ H-NMR ۳،۱- بیس [۴-تری ملیتیمیدو] فنوکسی] پروپان (۶)
۵۲.....	شکل (۸-۳): طیف FT-IR پلی (استر-ایمید) (۸a)
۵۳.....	شکل (۹-۳): طیف FT-IR پلی (استر-ایمید) (۸b)
۵۴.....	شکل (۱۰-۳): طیف FT-IR پلی (استر-ایمید) (۸c)
۵۵.....	شکل (۱۱-۳): طیف FT-IR پلی (استر-ایمید) (۸d)
۵۶.....	شکل (۱۲-۳): طیف FT-IR پلی (استر-ایمید) (۸e)
۵۷.....	شکل (۱۳-۳): طیف FT-IR پلی (استر-ایمید) (۸f)
۵۸.....	شکل (۱۴-۳): طیف ¹ H-NMR پلی (استر-ایمید) (۸e)
۵۹.....	شکل (۱۵-۳): ترموگرام TGA-DTG پلی (استر-ایمید) (۸e، ۸a)
۶۰.....	شکل (۱۶-۳): طیف FT-IR پلی ایمید خالص
۶۱.....	شکل (۱۷-۳): طیف FT-IR نانو کامپوزیت پلی ایمید-ارگانوکلاهی ۱wt%
۶۲.....	شکل (۱۸-۳): طیف FT-IR نانو کامپوزیت پلی ایمید-ارگانوکلاهی ۱wt% (بازشده)
۶۳.....	شکل (۱۹-۳): طیف FT-IR نانو کامپوزیت پلی ایمید-ارگانوکلاهی ۵wt%
۶۴.....	شکل (۲۰-۳): طیف FT-IR نانو کامپوزیت پلی ایمید-ارگانوکلاهی ۱۰ wt %
	شکل (۲۱-۳): الگوی XRD (a، نانو کامپوزیت پلی ایمید-ارگانوکلاهی ۱wt% (b، ۵wt%
۶۵.....	ارگانوکلاهی، (c، ۱۰ wt % ارگانوکلاهی، (d، کلاهی اصلاح شده، (e، کلاهی اصلاح نشده
۶۶.....	شکل (۲۲-۳): تصویر SEM فیلم پلی ایمید-ارگانوکلاهی ۱wt%
۶۶.....	شکل (۲۳-۳): تصویر SEM فیلم پلی ایمید-ارگانوکلاهی ۱ wt% (با بزرگنمایی بیشتر)
۶۷.....	شکل (۲۴-۳): تصویر SEM فیلم پلی ایمید-ارگانوکلاهی ۵wt%

- شکل (۳-۲۵): تصویر SEM فیلم پلی ایمید- ارگانوکلاهی ۵wt% (با بزرگنمایی بیشتر) ۶۷
- شکل (۳-۲۶): تصویر SEM فیلم پلی ایمید- ارگانوکلاهی ۱۰ wt% ۶۸
- شکل (۳-۲۷): تصویر SEM فیلم پلی ایمید- ارگانوکلاهی ۱۰ wt% (با بزرگنمایی بیشتر) ۶۸
- شکل (۳-۲۸): ترموگرام TGA - DTG نانوکامپوزیت های پلی ایمید ارگانوکلاهی ۶۹
- (a) پلی ایمید خالص، (b) نانوکامپوزیت ۵wt% ارگانوکلاهی، (c) نانوکامپوزیت ۱۰ wt% ۶۹
- ارگانوکلاهی ۶۹

فصل اول

مقدمه

۱-۱- پلیمرهای مقاوم حرارتی^۱

۱-۱-۱- مقدمه

پلیمرها، بخش عمده ای از مشتقات نفتی هستند که در انواع مختلف، در صنعت پتروشیمی، تولید و در صنایع گوناگون مورد استفاده قرار می گیرند. امروزه استفاده از پلیمرها به اندازه‌ای رایج شده که می توان گفت بدون استفاده از آنها بسیاری از نیازهای روزمره ما مختل خواهد شد.

هنگامی که ترکیبات آلی در دمای بالا حرارت داده می شوند، به تشکیل ترکیبات آروماتیک تمایل پیدا می کنند. بنابراین می توان نتیجه گرفت که پلیمرهای آروماتیک باید در مقابل دماهای بالا مقاوم باشند. انواع وسیعی از پلیمرها که واحدهای تکراری آروماتیک دارند در سال-های اخیر توسعه و تکامل داده شده اند.

این پلیمرها در صنایع هوا - فضا مورد استفاده قرار می گیرند، زیرا در برابر دمای زیاد پایداری مطلوبی از خود نشان می دهند. برای این که یک پلیمر در برابر حرارت و در برابر گرما مقاوم تلقی شود، نباید در زیر دمای ۴۰۰ درجه سانتی‌گراد تجزیه شود. همچنین باید خواص مورد نیاز و سودمند خود را تا دماهای نزدیک به دمای تجزیه حفظ کند.

این گونه پلیمرها دارای دمای انتقال شیشه و دمای ذوب بالا هستند. پس می توان گفت پلیمرهای مقاوم حرارتی به پلیمرهایی گفته می شود که در دمای بالا به کار برده می شوند، بطوریکه خواص مکانیکی، شیمیایی و ساختاری آنها، با خواص سایر پلیمرها در دماهای پایین متفاوت باشد. پلیمرهای مقاوم حرارتی به طور عمده در صنایع اتومبیل سازی، صنایع هوا-فضا، قطعات الکترونیکی، عایق ها، لوله ها، انواع صافی ها، صنایع آشپزی و خانگی، چسب ها و پوشش سیم های مخصوص مورد استفاده قرار می گیرد. پلیمرهای یاد شده هم به روش آلی و

1- Thermally Stable Polymer

هم به روش معدنی تهیه می شوند. ذکر این نکته مهم است که روش آلی متداول تر و اغلب پژوهش ها توسط دانشمندان پلیمر در این زمینه ها به ثمر رسیده است.

۱-۱-۲- پایداری حرارتی

پایداری حرارتی پلیمرها، تابع عوامل گوناگونی است. از آنجا که مقاومت حرارتی تابعی از انرژی پیوندی است، وقتی دما به حدی برسد که باعث شود پیوندها گسیخته شوند، پلیمر از طریق انرژی ارتعاشی شکسته می شود. پس پلیمرهایی که دارای پیوند ضعیفی هستند در دمای بالا قابل استفاده نیستند و از به کار بردن مونومرها و همچنین گروه های عاملی که باعث می شود این پدیده تشدید شود، باید خودداری کرد.

البته گروه هایی مانند اتر یا سولفون، نسبت به گروه هایی مانند الکیل و NH و OH پایدارتر هستند، ولی وارد کردن گروه هایی مانند اتر و سولفون و یا گروه های پایدار دیگر صرفاً به خاطر بالا بردن مقاومت حرارتی نیست، بلکه باعث بالا رفتن حلالیت نیز می شوند. تأثیرات متقابلی که بین دو گونه پلیمری وجود دارد، ناشی از تأثیرات متقابل قطبی - قطبی و پیوند هیدروژنی (۶-۱۰ kcal/mol) است که باعث بالا رفتن مقاومت حرارتی در پلیمرها می شوند. این قبیل پلیمرها باید قطبی و دارای عامل هایی باشند که پیوند هیدروژنی را به وجود آورند. مانند پلی-ایمیدها و پلی اورتانها.

انرژی رزونانسی که به وضوح در آروماتیک ها به چشم می خورد، مخصوصاً در حلقه های هتروسیکل و فنیل ها و کلاً پلیمرهایی که استخوان بندی آروماتیکی دارند باعث افزایش مقاومت حرارتی می شوند.

در مورد واحدهای تکراری حلقوی، شکستگی یک پیوند در یک حلقه باعث پایین آمدن وزن مولکولی نمی شود و احتمال شکستگی دو پیوند در یک حلقه کم است. پلیمرهای نردبانی یا

نیمه نردبانی، پایداری حرارتی بالاتری نسبت به پلیمرهای زنجیره باز دارند. بنابراین اتصالات عرضی موجب صلب پلیمرهای خطی می شوند که شامل حلقه‌های آروماتیک با چند پیوند یگانه مجزا هستند. با توجه به نکاتی که ذکر شد برای تهیه پلیمرهای مقاوم حرارتی باید نکات زیر رعایت شوند:

- استفاده از ساختارهایی که شامل قوی‌ترین پیوندهای شیمیایی هستند مانند ترکیبات هترو آروماتیک، آروماتیک اترها و عدم استفاده از ساختارهایی که دارای پیوند ضعیف مثل آلکیلی، آلیسیکلیک و هیدروکربن‌های غیر اشباع می باشند.

- ساختمان ترکیب باید به گونه ای باشد که به سمت پایدار بودن میل کند، پایداری رزونانسی آن زیاد باشد و بالاخره ساختارهای حلقوی باید طول پیوند عادی داشته باشند، به نحوی که اگر یک پیوند شکسته شد، ساختار اصلی، اتم‌ها را کنار هم نگه دارد.

در واقع اتصالاتی که مفید است شامل سیستم‌های آروماتیکی، اتر، سولفون و ایمید و آمیدها هستند. این عوامل پایدار کننده به صورت پل در ساختار پلیمر واقع و موجب پایداری آنها می شوند.

به طور کلی این پلیمرهای پایدار حرارتی به چهار گروه تقسیم می شوند:

۱- پلیمرهای تراکمی ساده مانند، پلیمرهایی که از اتصالات تراکمی نسبتاً ساده بین حلقه‌ای آروماتیک حاصل شده اند.

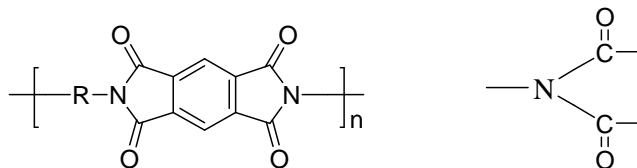
۲- پلیمرهای هتروسیکلی مانند پلیمرهایی که دارای حلقه‌های آروماتیک متصل شده به حلقه‌های هتروسیکل می باشند.

۳- کوپلیمرهای هتروسیکلی مانند پلیمرهایی که شامل ترکیبی از اتصالات تراکمی ساده و حلقه‌های هتروسیکل می باشند.

۴- پلیمرهای نردبانی [۲،۱].

۲-۱- پلی ایمیدها

پلی ایمیدها گروه عاملی زیر را دارند و ارتباط نزدیکی با آمیدها دارند (طرح ۱-۱) [۳].



طرح (۱-۱): گروه‌های عاملی پلی ایمیدها

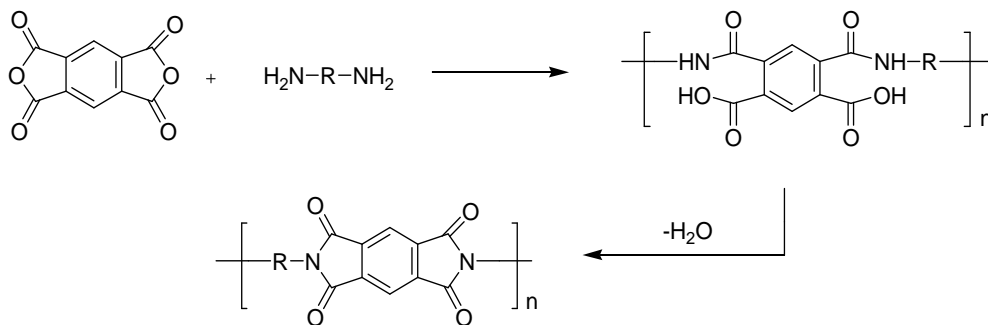
خواص پلی ایمیدها به شدت به ساختار آن‌ها بستگی دارد. از طریق روش‌های سنتزی موجود طیف وسیعی از ساختارها با خواص گوناگون به دست می‌آید. متأسفانه اغلب بین ساختار و خواص مطلوب ناهماهنگی وجود دارد. به طور کلی پلی ایمیدهای دارای پایداری خوب حرارتی - اکسایشی، امکان کاربرد در دماهای ۳۵۰-۳۰۰ درجه سانتی‌گراد را داشته و خواص مکانیکی خوبی نیز دارند.

۱-۲-۱- برخی روش‌های تهیه پلی ایمیدها

الف) سنتز دو مرحله‌ای

روش اصلی تهیه پلی ایمیدها به وسیله پلیمریزاسیون پیروملیتیک انیدرید^۱ و دی آمین آروماتیک است که طی دو مرحله انجام می‌شود. تهیه دو مرحله‌ای پلی ایمیدها شامل تشکیل اولیه محلول پلی آمیک اسید است که با عمل حلقه‌ای شدن و از دست دادن آب ادامه می‌یابد (طرح ۲-۱).

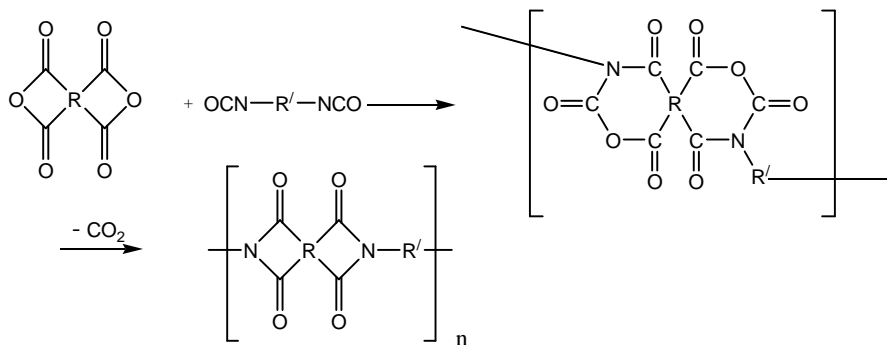
1- Pyromellitic Anhydride



طرح (۲-۱): پلیمریزاسیون پیروملیتیک انیدرید و دی آمین

ب- واکنش بین دی انیدرید و دی ایزوسیانات

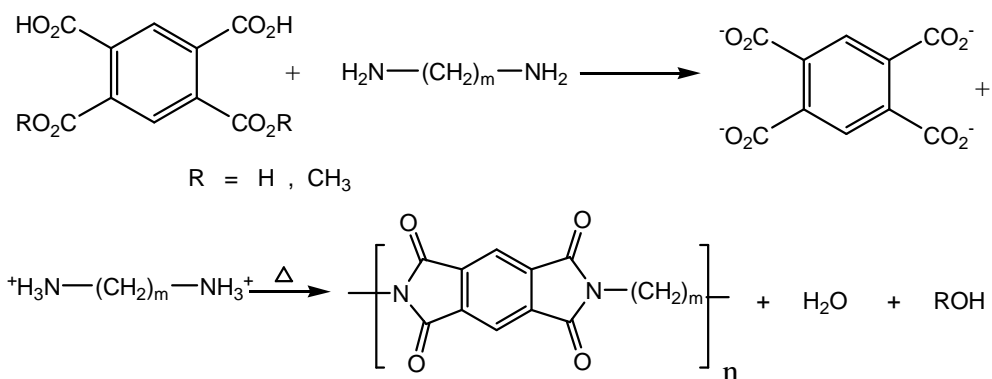
واکنش دی ایزوسیانات ها با دی انیدرید ها بسیار آسان است، اما پلیمر به دست آمده اغلب دارای وزن مولکولی کم است [۴]. فعالیت نسبی دی ایزوسیانات ها نسبت به ناخالصی های پروتون دار مثل آب می تواند مشکل آفرین باشد. در غیاب کاتالیست از واکنش بین دی-انیدریدهای آروماتیک با دی ایزوسیانات های آروماتیک یا آلیفاتیک یک حدواسط شش ضلعی حلقوی تشکیل می گردد، که سپس با آزاد شدن دی اکسید کربن پلی ایمید مورد نظر حاصل می گردد (طرح ۳-۱) [۵]. واکنش بین دی انیدرید با دی ایزوسیانات های آلیفاتیک به سرعت انجام می شود، در حالی که واکنش دی انیدرید با دی ایزوسیانات های آروماتیک به مدت زمان بیشتر و دمای بالای ۱۸۰ درجه سانتی گراد نیاز دارد.



طرح (۳-۱): پلیمریزاسیون دی انیدرید و دی ایزوسیانات

ج- واکنش بین تتراکربوکسیلیک اسید و دی آمین

این روش برای تولید پلی ایمید های آروماتیک و آلیفاتیک با وزن مولکولی بالا به کار می رود. از جمله واکنش بین دی آمین و تتراکربوکسیلیک اسید یک نمک حاصل می شود، این نمک تحت فشار بالا و دمای بالاتر از ۲۰۰ درجه سانتی گراد به پلی ایمید تبدیل می گردد (طرح (۴-۱)).



طرح (۴-۱): پلیمریزاسیون تتراکربوکسیلیک اسید و دی آمین

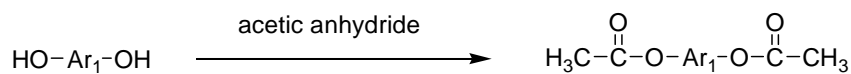
۳-۱- پلی (استر-ایمید) های آروماتیک

پلی ایمید های آروماتیک گروهی از پلیمرها می باشند، که به خاطر پایداری گرمایی بالا، مقاومت مکانیکی عالی و مقاومت در مقابل حلال های شیمیایی، روز به روز بر دامنه کاربرد صنعتی آن ها افزوده می شود. علت بروز این خواص منحصر به فرد، وجود حلقه های آروماتیک ایمیدی پایدار در ساختار می باشد. اما به دلیل وجود ساختار آروماتیکی مسطح، متقارن و فقدان اتصالات قابل انعطاف در زنجیر اصلی، مواد سخت و غیر قابل انعطافی بوده و دمای ذوب بالایی دارند. این پلیمرها قبل از ذوب شدن تجزیه شده و از طرفی در حلال های آلی معمولی حل نمی شوند و به همین جهت در کاربرد آن ها محدودیت وجود دارد. ساخت پلی (استر-

ایمید) ها از جمله روش هایی است که توانسته اند با وارد کردن قطعات قابل انعطاف در زنجیر اصلی خواص پلی ایمید ها را بهبود بخشند [۱۵-۶].

۱-۳-۱- تهیه پلی (استر-ایمید) ها

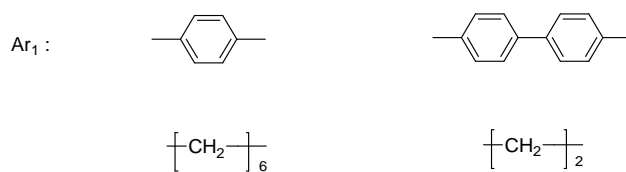
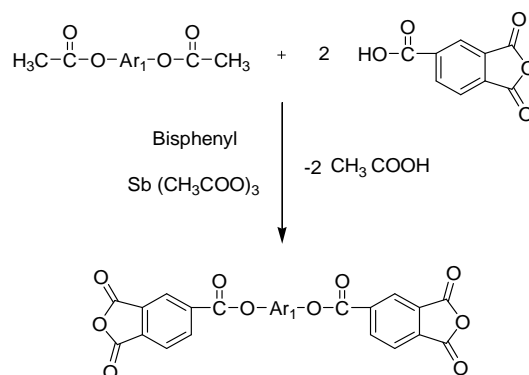
روش های متعددی جهت تهیه پلی (استر-ایمید) ها به کار می رود، در زیر به یک نمونه از آن اشاره می شود [۱۶]. ابتدا از واکنش دی ال و استیک انیدرید، دی استات تشکیل می شود (طرح ۱-۵).



طرح (۱-۵): تهیه دی استات

سپس دی استات با تری ملیتیک انیدرید واکنش کرده، دی انیدرید تولید می شود (طرح

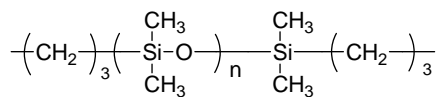
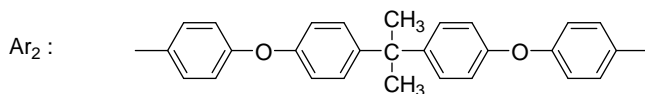
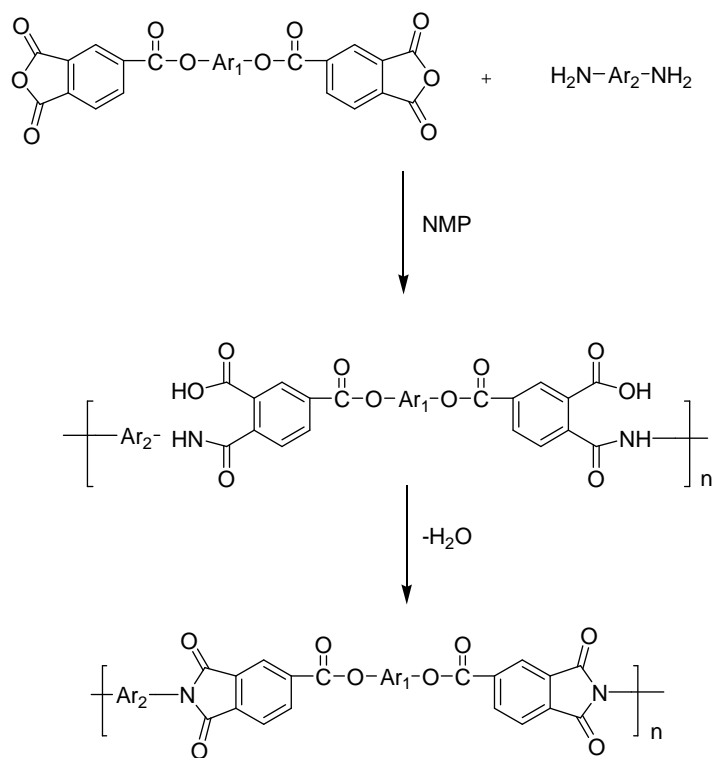
۱-۶).



طرح (۱-۶): تهیه دی انیدرید

محصول فوق با دی آمین وارد واکنش شده، پلی (استر-ایمید) های مورد نظر ساخته می-

شود (طرح ۱-۷).



طرح (۱-۷): تهیه پلی (استر-ایمید)

۴-۱- نانو فناوری

۴-۱-۱- مواد نانو ساختار

ماده نانو ساختار به ماده ای اطلاق می شود که حداقل یکی از ابعاد آن در مقیاس نانومتری (زیر ۱۰۰ نانومتر) باشد. این تعریف صریحاً انواع بسیار زیادی از ساختارها، اعم از ساخته دست بشر و یا طبیعت را شامل می شود اما بررسی انجام شده مربوط به فناوری های جدید و نوظهور با آنهایی است که از طریق شناخت عمیق تر نانو علم توسعه می یابد.

مواد در مقیاس نانومتری رفتار کاملاً متفاوتی از خود بروز می دهند. مواد توده ای که ما به صورت معمول با آنها سرو کار داریم در مقیاس های کوچک رفتار غیر کنترل شده و نامنظمی دارند.

موادی که دارای ساختار دقیق اتمی هستند (نظیر نانو لوله های کربنی ایده آل) نسبت به مواد توده ای مشابه که ساختار و ترکیب اتمی در آنها به صورت تصادفی تغییر می کند، خواص کاملاً متفاوتی را نشان می دهند. طبیعت هنر استفاده از نانو ساختارها برای ایجاد استحکام را تحت کنترل درآورده است به طوری که بررسی شده ساختمان صدف دریایی از لحاظ شیمیایی همان گچ است اما بسیار سخت و محکم. صدف ماده نانو ساختاری طبیعی است [۱۷].

۵-۱- نانوکامپوزیت ها

۵-۱-۱- مقدمه

کامپوزیت ترکیبی است که از لحاظ ماکروسکوپی از چند ماده متمایز ساخته شده باشد به طوری که این اجزا به آسانی از یکدیگر قابل تشخیص باشند. برای ایجاد تغییر و بهینه کردن خواص فیزیکی و شیمیایی مواد آنها را ترکیب یا کامپوزیت می کنند.

نانوکامپوزیت نیز همان کامپوزیت است که یک یا چند جز از آن ابعاد کمتر از ۱۰۰ نانومتر دارد. نانوکامپوزیتها از دو فاز تشکیل شده اند. فاز اول یک ساختار بلوری است که در واقع پایه یا ماتریس نانوکامپوزیت محسوب می شود و ممکن است از جنس پلیمر، فلز و یا سرامیک باشد. فاز دوم نیز ذراتی در مقیاس نانومتر می باشند که به عنوان تقویت کننده (مواد پرکننده)^۱ به منظور اهداف خاص از قبیل استحکام، مقاومت، هدایت الکتریکی، خواص مغناطیسی و ... در درون فاز اول یا ماتریس نانوکامپوزیت توزیع می شوند.

۱-۵-۲- طبقه بندی نانوکامپوزیت ها

انواع نانوکامپوزیت ها را می توان بر اساس ماده پایه آنها به شرح زیر طبقه بندی کرد:

۱- نانوکامپوزیت های پایه پلیمری^۲

۲- نانوکامپوزیت های پایه سرامیکی^۳

۳- نانوکامپوزیت های پایه فلزی^۴

در ادامه به بررسی خواص و کاربرد هر یک از این نانوکامپوزیتها پرداخته می شود:

۱-۲-۵-۱- نانوکامپوزیت های پایه پلیمری

در این نانوکامپوزیت ها بیشترین توجه به نانوکامپوزیت های پایه پلیمری معطوف است. یکی از دلایل گسترش نانوکامپوزیت های پلیمری، خواص بی نظیر مکانیکی، شیمیایی و فیزیکی آنها است. نانوکامپوزیت های پلیمری عموماً دارای استحکام بالا، وزن کم، پایداری

1- Filler

2- Nanocomposite Polymer Matrix

3- Nanocomposite Ceramic Matrix

4- Nanocomposite Metal Matrix

حرارتی، رسانایی الکتریکی و مقاومت شیمیایی بالایی هستند. تقویت پلیمرها با استفاده از مواد آلی و معدنی بسیار مرسوم می باشد.

۱-۵-۲-۲- نانوکامپوزیت های پایه سرامیکی

به مواد (معمولاً جامد) ی که بخش عمده تشکیل دهنده آن ها غیر فلزی و غیر آلی باشد، سرامیک گفته می شود. سرامیک ها خواص بسیار خوبی نظیر مقاومت حرارتی بالا، پایداری شیمیایی خوب و استحکام مکانیکی مناسبی دارند اما به دلیل پیوندهای یونی و کووالانس موجود در سرامیک ها چقرمگی شکست آن ها پایین است و تغییر شکل پلاستیک این مواد محدود می باشد. به منظور رفع این مشکل با اضافه کردن و جداسازی الیاف و ذرات مناسب، می توان چقرمگی شکست را بالا برد. اگر این تقویت کننده ها ابعاد نانومتری داشته باشند بالاترین چقرمگی شکست به دست می آید.

۱-۵-۲-۳- نانوکامپوزیت های پایه فلزی

کامپوزیت های پایه فلز کم وزن و سبک بوده و به علت استحکام و سختی بالا کاربردهای وسیعی در خودرو و هوا - فضا پیدا کرده اند. اما این کاربردها به لحاظ کم بودن قابلیت کشش در این کامپوزیت محدود شده است. تبدیل کامپوزیت سبب افزایش استحکام و رفع محدودیت- های مذکور می شود.

۱-۵-۳- نانوکامپوزیت های پلیمر - کلای

نانوکامپوزیت های پلیمر - کلای به سه دسته تقسیم می شوند [۱۸] (شکل ۱-۱).