



دانشکده علوم پایه

پایان نامه جهت اخذ درجه کارشناسی ارشد شیمی فیزیک

عنوان:

**تعیین پارامترهای سینتیکی واکنش تجزیه حرارتی برخی از
ترکیبات پلی آمید ایمیدها**

استاد راهنما:

دکتر فرزانه حسین پور رجبی

استاد مشاور:

دکتر خلیل فقیهی

تهیه و تنظیم:

حدیثه اسماعیلی باغی

زمستان ۹۰

تقدیم به :

همسر مهربانم

که همواره در لحظه های سخت سنگ صبور و تکیه گاهم بود

و

میوه زندگیم، پارسا

که این پایان نامه حاصل صرف زمان هایی بود که می بایست در کنارش بودم و نبودم

تقدیر و تشکر

با سپاس بی پایان از سرکار خانم دکتر فرزانه حسین پور رجیبی که در تمامی مراحل گردآوری و تدوین این پایان نامه همراه و راهنمای لحظه لحظه ام بودند و نیز با تقدیم تشکر وافر حضور ارجمند جناب آقای دکتر خلیل فقیهی که بنده را از مشاوره های خود بهره مند ساختند.

همچنین از همراهی سرکار خانم رفیعی که در امور آزمایشگاه اینجانب را همراهی نمودند و نیز جناب آقای احمدی که در امور تدوین، نگارش و اصلاح پایان نامه زحمات بسیاری را متحمل شدند کمال امتنان را دارم.

مقدمه.....	۱
فصل اول: تئوری.....	۵
۱-۱- پلیمرهای مقاوم حرارتی.....	۵
۱-۱-۱- مقدمه.....	۵
۱-۲- طبقه بندی پلیمرهای مقاوم حرارتی.....	۶
۱-۲-۱- پلیمرهای تراکمی با گروه عاملی آمیدی و ایمیدی.....	۸
۱-۲-۱-۱- پلی آمیدها.....	۸
۱-۲-۱-۲- پلی ایمیدها.....	۹
۱-۲-۱-۳- روش های سنتز پلی ایمیدها.....	۱۰
۱-۲-۱-۴- واکنش بین دی انیدریدها و دی آمین ها.....	۱۰
۱-۲-۱-۴-۲- واکنش بین دی استر-دی اسید و دی آمین.....	۱۱
۱-۲-۱-۴-۳- واکنش بین دی انیدرید و دی ایزوسیانات.....	۱۱
۱-۲-۱-۴-۴- واکنش بین تتراکربوکسیلیک اسید و دی آمین.....	۱۲
۱-۲-۱-۵- پلی آمید ایمیدها.....	۱۲
۱-۲-۱-۶- روش های سنتز پلی آمید ایمیدها.....	۱۳
۱-۳- کاربرد پلی آمید ایمیدها.....	۱۳
۱-۳-۱- به عنوان لیگاند در سنتز کمپلکس ها.....	۱۳
۱-۳-۲- در سنتز غشاهای پلیمری.....	۱۵
۱-۳-۲-۳- سنتز غشاهای پلی ایمیدی شبکه ای.....	۱۵
۱-۴- مقدمه ای بر تجزیه حرارتی.....	۱۸

۱۸	۱-۴-۱- تعریف و تاریخچه.....
۲۰	۲-۴-۱- روش های چند گانه در تجزیه حرارتی.....
۲۰	۱-۲-۴-۱- روش های همزمانی.....
۲۰	۲-۲-۴-۱- روش های تلفیقی.....
۲۰	۳-۴-۱- وزن سنجی حرارتی - دستگاهوری.....
۲۱	۱-۳-۴-۱- ترازوی حرارتی.....
۲۱	۲-۳-۴-۱- کوره.....
۲۱	۳-۳-۴-۱- برنامه ریز حرارتی.....
۲۲	۴-۳-۴-۱- ثبات.....
۲۲	۴-۴-۱- شرایط عملی بهینه برای وزن سنجی حرارتی.....
۲۴	۵-۴-۱- وزن سنجی حرارتی مشتقی (DTA).....
۲۶	۶-۴-۱- فاکتورهای موثر بر منحنی های وزن سنجی حرارتی.....
۲۷	۱-۶-۴-۱- سرعت گرمادهی.....
۲۸	۲-۶-۴-۱- اتمسفر محیط.....
۳۰	فصل دوم: سنیتیک.....
۳۱	۱-۲- سنیتیک واکنش تخریب.....
۳۱	۱-۱-۲- مقدمه.....
۳۱	۲-۱-۲- واکنش های تخریب حرارتی.....
۳۲	۲-۲- مطالعات نظری و مدل های سنیتیکی.....
۳۴	۱-۲-۲- روش های Model-free.....

۳۵	۲-۲-۱-۱- روش فلاین , وال , اوزاوا.....
۳۶	۲-۲-۱-۲- روش کیسینجر , آکاهیروسانوز.....
۳۶	۲-۲-۱-۳- روش تانگ.....
۳۷	۲-۲-۲- روش های Model-fitting.....
۳۷	۲-۲-۱-۲- روش کوتس و ردفرن.....
۴۰	۲-۲-۲-۲- روش پارامترهای سنیتیکی ثابت.....
۴۲	فصل سوم: بحث و نتیجه گیری.....
۴۳	۳-۱- بخش تجربی.....
۴۳	۳-۱-۱- ساختار نمونه ها
۴۴	۳-۱-۲- دستگاهها
۴۴	۳-۲- بررسی منحنی های DTA و TGA.....
۵۰	۳-۳- بررسی نوع سنیتیک واکنش تخریب گرما وزنی پلی آمید ایمید ها
۹۱	نتیجه گیری
۹۵	مراجع.....

فهرست جدول‌ها

- جدول ۱-۱- گروه‌های مختلف پلیمرهای مقاوم حرارتی.....۷
- جدول ۱-۲- انواع لیگاندهای پلیمری.....۱۴
- جدول ۱-۳- عبارتهای جبری از $f(\alpha)$ و $g(\alpha)$ برای مدل‌های واکنش.....۴۱
- جدول ۱-۳- انرژی‌های فعالسازی محاسبه شده با روش فلاین، وال و اوزاوا (FWO)، برای پلی‌آمید ایمید-.....۳
- جدول ۲-۳- انرژی‌های فعالسازی محاسبه شده با روش کیسینجر، آکاهیرا و سانوز (KAS)، برای پلی‌آمید ایمید-.....۵۱
- جدول ۳-۳- انرژی‌های فعالسازی محاسبه شده با روش تانگ (Tang)، برای پلی‌آمید ایمید-.....۵۳
- جدول ۳-۳- انرژی‌های فعالسازی محاسبه شده با روش‌های فلاین، وال و اوزاوا (FWO)، کیسینجر، آکاهیرا و سانوز (KAS) و تانگ (Tang) بر حسب تابعی از کسر تبدیل برای پلی‌آمید ایمید-۱ تحت اتمسفر نیتروژن.....۵۶
- جدول ۳-۴- انرژی‌های فعالسازی محاسبه شده با روش‌های فلاین، وال و اوزاوا (FWO)، کیسینجر، آکاهیرا و سانوز (KAS) و تانگ (Tang) بر حسب تابعی از کسر تبدیل برای پلی‌آمید ایمید-۱ تحت اتمسفر نیتروژن.....۶۸
- جدول ۳-۵- انرژی‌های فعالسازی محاسبه شده با روش‌های فلاین، وال و اوزاوا (FWO)، کیسینجر، آکاهیرا و سانوز (KAS) و تانگ (Tang) بر حسب تابعی از کسر تبدیل برای پلی‌آمید ایمید-۲ تحت اتمسفر نیتروژن.....۶۹
- جدول ۳-۶- انرژی‌های فعالسازی محاسبه شده با روش‌های فلاین، وال و اوزاوا (FWO)، کیسینجر، آکاهیرا و سانوز (KAS) و تانگ (Tang) بر حسب تابعی از کسر تبدیل برای پلی‌آمید ایمید-۳ تحت اتمسفر نیتروژن.....۷۰
- جدول ۳-۷- انرژی‌های فعالسازی محاسبه شده با روش‌های فلاین، وال و اوزاوا (FWO)، کیسینجر، آکاهیرا و سانوز (KAS) و تانگ (Tang) بر حسب تابعی از کسر تبدیل برای پلی‌آمید ایمید-۴ تحت اتمسفر نیتروژن.....۷۱
- جدول ۳-۸- انرژی‌های فعالسازی محاسبه شده با روش‌های فلاین، وال و اوزاوا (FWO)، کیسینجر، آکاهیرا و سانوز (KAS) و تانگ (Tang) بر حسب تابعی از کسر تبدیل برای پلی‌آمید ایمید-۵ تحت اتمسفر نیتروژن.....۷۲
- جدول ۳-۹- محدوده تغییر α ، برای پلی‌آمید ایمیدهای مختلف با استفاده از روش‌های مختلف - Model free.....۷۳
- جدول ۳-۱۰- انرژی فعالسازی و فاکتور پیش‌نمایی به روش کوتس و ردفرن (CR) با تابع‌های مختلف برای پلی‌آمید ایمید-۳.....۷۴

جدول ۳-۱۱- انرژی فعالسازی و فاکتور های آرنیوس با روش CR برای واکنش تخریب حرارتی پلی آمید

ایمید-۱ در اتمسفر نیتروژن.....۸۳

جدول ۳-۱۲- انرژی فعالسازی و فاکتور های آرنیوس با روش CR برای واکنش تخریب حرارتی پلی آمید

ایمید-۲ در اتمسفر نیتروژن.....۸۴

جدول ۳-۱۳- انرژی فعالسازی و فاکتور های آرنیوس با روش CR برای واکنش تخریب حرارتی پلی آمید

ایمید-۳ در اتمسفر نیتروژن.....۸۵

جدول ۳-۱۴- انرژی فعالسازی و فاکتور های آرنیوس با روش CR برای واکنش تخریب حرارتی پلی آمید

ایمید-۴ در اتمسفر نیتروژن.....۸۶

جدول ۳-۱۵- انرژی فعالسازی و فاکتور های آرنیوس با روش CR برای واکنش تخریب حرارتی پلی آمید

ایمید-۵ در اتمسفر نیتروژن.....۸۷

جدول ۳-۱۶- پارامتر های تصحیح در برابر سرعت های گرمادهی.....۸۹

فهرست شکل‌ها

- شکل ۱-۱- ساختار عمومی پلی آمید ایمیدها..... ۱۲
- شکل ۱-۲- منحنی TG..... ۲۴
- شکل ۱-۳- منحنی DTG..... ۲۵
- شکل ۱-۴- مقایسه منحنی‌های TG و DTG..... ۲۶
- شکل ۱-۵- منحنی TG برای تفکیک یک مرحله‌ای..... ۲۷
- شکل ۱-۶- تفکیک مس (II) سولفات پنج آبه..... ۲۹
- شکل ۱-۳- منحنی‌های TGA و DTG پلی آمیدایمید-۱ در سرعت‌های گرمادهی (10 و 20 $^{\circ}\text{C min}^{-1}$)..... ۱۰
- ۷/۵، تحت اتمسفر نیتروژن..... ۴۵
- شکل ۲-۳- منحنی‌های TGA و DTG پلی آمیدایمید-۲ در سرعت‌های گرمادهی (10 و 20 $^{\circ}\text{C min}^{-1}$)..... ۱۰
- ۷/۵، ۱۰ تحت اتمسفر نیتروژن..... ۴۶
- شکل ۳-۳- منحنی‌های TGA و DTG پلی آمیدایمید-۳ در سرعت‌های گرمادهی (10 و 20 $^{\circ}\text{C min}^{-1}$)..... ۱۰
- ۷/۵، تحت اتمسفر نیتروژن..... ۴۷
- شکل ۳-۴- منحنی‌های TGA و DTG پلی آمیدایمید-۴ در سرعت‌های گرمادهی (10 و 20 $^{\circ}\text{C min}^{-1}$)..... ۱۰
- ۷/۵، تحت اتمسفر نیتروژن..... ۴۸
- شکل ۳-۵- منحنی‌های TGA و DTG پلی آمیدایمید-۵ در سرعت‌های گرمادهی (10 و 20 $^{\circ}\text{C min}^{-1}$)..... ۱۰
- ۷/۵، تحت اتمسفر نیتروژن..... ۴۹
- شکل ۳-۶- رسم منحنی فلاین، وال و ازوا (FWO) ، تانگ (Tang) و کیسینجر، آکاهیرا و سانوز (KAS) برای پلی آمیدایمید-۱، در کسر تبدیل‌های مختلف..... ۶۰

- شکل ۳-۷- رسم منحنی فلاین، وال و ازوا (FWO) ، تانگ (Tang) و کیسینجر، آکاهیرا و سانوز (KAS) برای پلی آمیدایمید -۲، در کسر تبدیل‌های مختلف..... ۶۱
- شکل ۳-۸- رسم منحنی فلاین، وال و ازوا (FWO) ، تانگ (Tang) و کیسینجر، آکاهیرا و سانوز (KAS) برای پلی آمیدایمید -۳، در کسر تبدیل‌های مختلف..... ۶۲
- شکل ۳-۹- رسم منحنی فلاین، وال و ازوا (FWO) ، تانگ (Tang) و کیسینجر، آکاهیرا و سانوز (KAS) برای پلی آمیدایمید -۴، در کسر تبدیل‌های مختلف..... ۶۳
- شکل ۳-۱۰- رسم منحنی فلاین، وال و ازوا (FWO) ، تانگ (Tang) و کیسینجر، آکاهیرا و سانوز (KAS) برای پلی آمیدایمید -۵، در کسر تبدیل‌های مختلف..... ۶۴
- شکل ۳-۱۱- انرژی فعالسازی محاسبه شده با روش فلاین، وال و ازوا (FWO)، کیسینجر، آکاهیرا و سانوز (KAS) و تانگ (Tang) بر حسب کسر تبدیل برای پلی آمیدایمید -۱..... ۶۵
- شکل ۳-۱۲- انرژی فعالسازی محاسبه شده با روش فلاین، وال و ازوا (FWO)، کیسینجر، آکاهیرا و سانوز (KAS) و تانگ (Tang) بر حسب کسر تبدیل برای پلی آمیدایمید -۲..... ۶۶
- شکل ۳-۱۳- انرژی فعالسازی محاسبه شده با روش فلاین، وال و ازوا (FWO)، کیسینجر، آکاهیرا و سانوز (KAS) و تانگ (Tang) بر حسب کسر تبدیل برای پلی آمیدایمید -۳..... ۶۶
- شکل ۳-۱۴- انرژی فعالسازی محاسبه شده با روش فلاین، وال و ازوا (FWO)، کیسینجر، آکاهیرا و سانوز (KAS) و تانگ (Tang) بر حسب کسر تبدیل برای پلی آمیدایمید -۴..... ۶۷
- شکل ۳-۱۵- انرژی فعالسازی محاسبه شده با روش فلاین، وال و ازوا (FWO)، کیسینجر، آکاهیرا و سانوز (KAS) و تانگ (Tang) بر حسب کسر تبدیل برای پلی آمیدایمید -۵..... ۶۷
- شکل ۳-۱۶- رسم منحنی کوتس و ردفرن (CR) با تابع‌های مختلف برای پلی آمیدایمید -۳..... ۸۱

شکل ۳-۱۷- اثر تصحیح برای تخریب پلی آمید ایمید-۳ در برابر سرعت گرمادهی.....۸۸

شکل ۳-۱۸- بررسی رابطه فوق همبستگی (رابطه ۲-۲۴).....۹۰

چکیده

سنیتیک تخریب گرمایی برخی از ترکیبات پلی آمید ایمیدها توسط آنالیز ترموگراویمتری (TGA) غیر همدمما در سه سرعت گرمایی (20 ، 10 و $5/7$ $^{\circ}\text{C min}^{-1}$) در اتمسفر نیتروژن مطالعه شد.

تخریب گرمایی واکنش های پلی آمید ایمیدها باروش های تانگ (Tang) ، فلاین وال و اوزاوا (FWO) ، کیسینجر ، آکاهیرا و سانوز (KAS) ، کوتس و ردفرن (CR) و پارامترهای سنیتیکی ثابت (IKP) انجام شد تا سه تایی سنیتیکی یعنی انرژی فعالسازی ، فاکتور پیش نمایی و تابع تبدیل $g(\alpha)$ محاسبه شود. به طور مثال ، مجموعه سه تایی برای پایدارترین نمونه (PAI-3) به صورت زیر می باشد:

$$E=(\text{Tang})180.24,(\text{FWO})174.94,(\text{KAS})178.30,(\text{CR})178.47, \\ (\text{IKP})180.24(\text{Kjmol}^{-1}).$$

و

$$\text{LnA}=18.58 \quad g(\alpha)=(1-\alpha)\ln(1-\alpha)+ \alpha$$

نتایج نشان داده که وجود حلقه های هترو سیکلیکی در زنجیره اصلی پلی آمید ایمیدها مقدار انرژی فعالسازی واکنش تخریب را افزایش داده است. بنابراین خواص پایداری حرارتی افزایش می یابد.

مقدمه

پلی (آمید-ایمید) ها

پلی ایمیدهای آروماتیک یکی از مهمترین پلیمرهای حرارتی هستند که دارای پایداری مکانیکی خوبی می باشند. هرچند دارای یک مشکل اصلی در کاربرد به عنوان پلیمرهای با قابلیت اجرای بالا هستند و آن هم حلالیت کم در حلالهای آلی و همچنین نقطه ذوب شیشه ای بالای آنها که فرایند پذیری آنها می باشد.

برای افزایش فرایندپذیری، جابجایی پلی ایمیدها با کو پلی ایمیدها مثل پلی آمید-ایمید، پلی سولفون-ایمید، پلی اتر-ایمید، پلی استر-ایمید و دیگر کو پلیمرها انجام شد.

پلی ایمیدها به دلیل خواص ویژه و منحصر به فرد و مقاومت گرمایی مورد توجه بوده اند، به همین دلیل در صنایع مختلف مانند هوا فضا، الکترونیک و میکرو الکترونیک، همچنین در لباس های مقاوم در برابر آتش و قطعات اتومبیل مصرف گسترده ای دارند.

تاکنون متداولترین روش تهیه پلی آمید ایمید واکنش پلیمر شدن تراکمی دی انیدرید با دی آمین بوده است و این واکنش در حالت مذاب یا در حلال انجام می شود.

پلی (آمید-ایمید) ها کاربردهای زیادی دارند. اما از آنجا که در دمای بالا نرم و ذوب می شوند و حلالیت پذیری ضعیفی در حلال های آلی دارند فرایند پذیری بسیار سختی داشته و استفاده از آنها محدود گردیده است. برای رفع این مشکل با افزایش پیوندهای انعطاف پذیر و استخلافهای حجیم به زنجیره اصلی حلالیت پذیری بهبود می یابد و مقاومت حرارتی پلی (آمید-ایمید) ها بالا می رود.

به طور کلی پایداری یک ماده پلیمری عبارت است از اینکه پلیمر مذکور بتواند در دما و زمان معینی بدون کاهش چشم گیر خواص، دوام بیاورد. تغییرات حاصل شده در پلیمر معمولاً به یکی از صورت های زیر انجام می گیرد:

۱- تغییرات فیزیکی (برگشت پذیر)

۲- تغییرات شیمیایی (برگشت ناپذیر)

تغییرات فیزیکی به طور مشخص شامل تغییرات در دمای انتقال شیشه (Tg)، پدیده‌های ذوب و بلور شدن، پلیمر می‌شود که نشان دهنده حالت گرمانرمی ماده است. مواد این گروه قبل از تجزیه نهایی، ذوب و غیرقابل استفاده می‌شوند. برای مثال عدم پایداری حرارتی پلی استیرین^۱ در دماهای ۱۱۰-۷۰ سانتی‌گراد را می‌توان در نظر گرفت که نشان دهنده محدودیت کاربرد آن است. در این گستره دمایی، پلیمر نرم و غیرقابل استفاده می‌شود، بدون آن که تجزیه و تخریب گردد. تغییرات برگشت ناپذیر در تعیین خواص حرارتی پلیمرها اهمیت دارد. در این پلیمرها عمل ذوب صورت نمی‌گیرد و تغییرات با تجزیه و تخریب ماده پلیمری همراه است. عمل تخریب در این پلیمرها به هر دو عامل گرما و زمان بستگی دارد. و پایداری پلیمر با توجه به سرعت تجزیه آن در یک دمای معین مشخص می‌شود. بدیهی است هر چه میزان تجزیه و تخریب در یک دمای معین کمتر باشد پلیمر پایدارتر است.

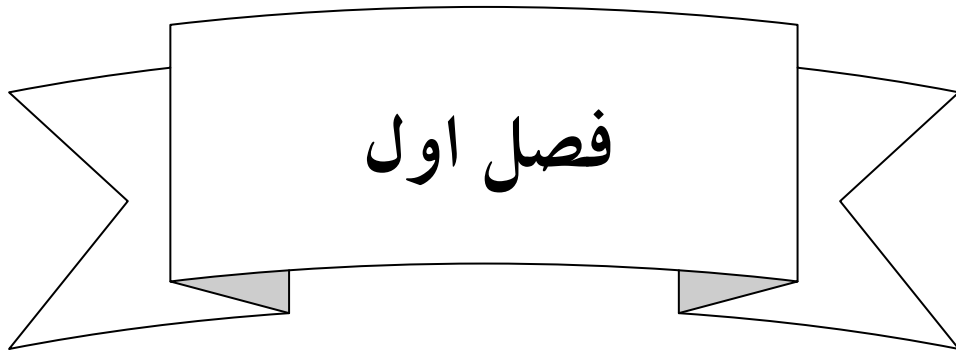
مطالعه تخریب حرارتی پلیمرها از آن جهت حائز اهمیت است که اکثر پلیمرها در یک و یا چند مرحله از عمر خود نظیر مرحله سنتز، مرحله شکل دادن و یا مرحله بهره‌برداری به ناچار بایستی حرارت-های بالایی را تحمل نمایند.

آنالیز حرارتی^۲ غیرهمدم^۳ یک راه مناسب برای دستیابی به اطلاعات درباره تخریب پلیمرها می‌باشد. بررسی این اطلاعات نیاز به تکنیک‌های پیچیده‌ای دارد. روش‌های زیادی مبنی بر معادله آرنیوس به کار

1- Polystyrene
2- Thermogravimetry
3- Non isothermal

برده شده‌اند تا انرژی فعالسازی^۱، فاکتور پیش نمایی، ثابت سرعت و مدل تابع سینتیکی را برای هر یک از نمونه‌ها به دست آورند.

بنابراین در این پایان‌نامه، سینتیک تخریب حرارتی پلی آمید ایمیدها به وسیله روشهای Isoconversional (Model – free) و Model – fitting بررسی شده است. و با دستیابی به مقدار انرژی فعالسازی پلی آمید ایمیدهای مختلف، پایدارترین آنها مشخص گردیده است. و ثابت سرعت و تابع مکانیسم آن نیز بیان شده است.



۱-۱- پلیمرهای مقاوم حرارتی

۱-۱-۱- مقدمه

از سال ۱۹۵۰ تلاش‌های گسترده و مداومی در جهت سنتز پلیمرهای مقاوم حرارتی آغاز شده است. پلیمرهای مقاوم حرارتی به پلیمرهایی اطلاق می‌شود که می‌توانند در دماهای بالا مورد استفاده قرار گیرند، داشتن خواصی مانند قدرت مکانیکی بالا، پایداری در محیط‌های مختلف (شیمیایی، حلال، UV، اکسیژن) و پایداری در دماهای بالا آن‌ها را از سایر پلیمرها متمایز می‌سازد.

عوامل فیزیکی و شیمیایی که مقاومت حرارتی پلیمرها را تحت تأثیر قرار می‌دهند عبارتند از:

۱- پایداری حرارتی یک پلیمر به انرژی تفکیک پیوندهای شرکت‌کننده در آن ارتباط دارد، بنابراین پلیمری که پیوندهای ضعیفی بین اتم‌های آن برقرار است نمی‌تواند برای کاربردهایی که نیاز به دمای بالا دارند مورد استفاده قرار گیرد. همچنین گروه‌های عاملی در زنجیر پلیمری بایستی با احتیاط انتخاب شوند تا از ایجاد اتصالات ضعیف به جای اتصالات قوی جلوگیری شود. گروه‌های عاملی مانند اتر، سولفون، ایمید، آمید و CF_2 مقاومت حرارتی بالاتری نسبت به هیدروکربن‌های حلقوی، ترکیبات غیراشباع، OH و NH دارند.

۲- برهمکنش‌های دوقطبی-دوقطبی و پیوند هیدروژنی نیز می‌توانند باعث افزایش پایداری حرارتی پلیمرها گردند، که پیوند هیدروژنی در پلیمرهای قطبی مانند پلی‌آمیدها و پلی‌اوره‌ها از اهمیت بیشتری برخوردار است.

۳- انرژی رزونانس ساختارهای آروماتیک و هتروسیکلی مانند پلی‌فیلین و پلی‌کئینوکسالیین‌ها باعث افزایش پایداری حرارتی پلیمرها می‌گردد.

۴- اتصالات عرضی (شبکه‌ای شدن) نیز پایداری حرارتی پلیمرها را تحت تأثیر قرار می‌دهند. با توجه به عوامل ذکر شده در بالا به منظور دستیابی به پلیمرهای پایدار حرارتی، در انتخاب ساختارهای مناسب موارد زیر باید رعایت گردد:

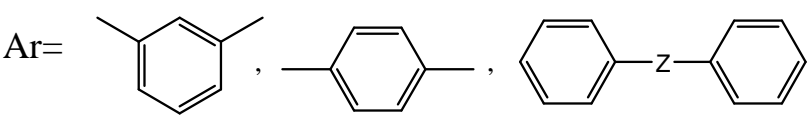
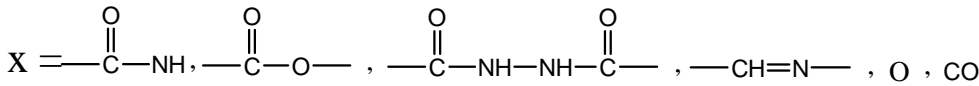
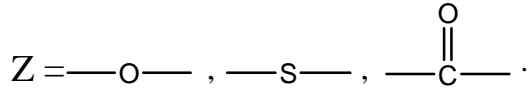
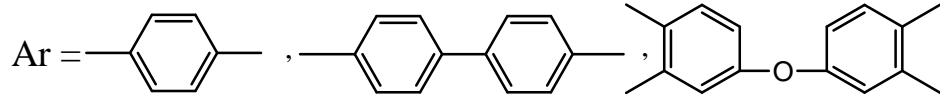
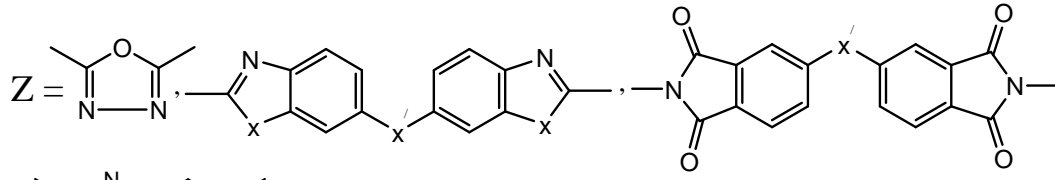
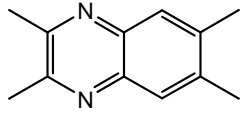
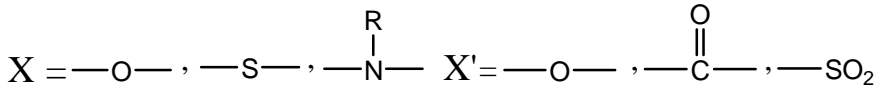
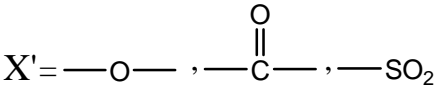
- ۱- واحدهای ساختاری می بایست به کار روند که دارای پیوندهای شیمیایی قوی باشند مانند اترهای آروماتیک، سولفون های آروماتیک، مواد هتروآروماتیک، ایمیدهای آروماتیک و غیره.
- ۲- ساختارهایی می بایست به کار روند که به آسانی تحت عمل نوآرایی قرار نگیرند.
- ۳- ماکزیمم پایداری رزونانسی را داشته باشند.

۱-۱-۲- طبقه بندی پلیمرهای مقاوم حرارتی

به طور کلی این پلیمرها به چهار گروه تقسیم می شوند:

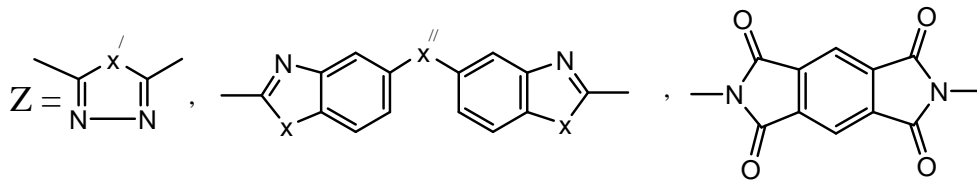
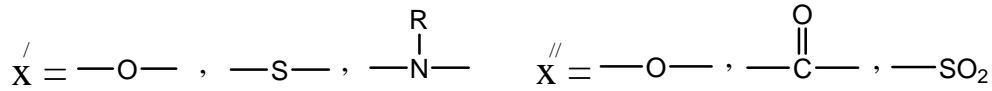
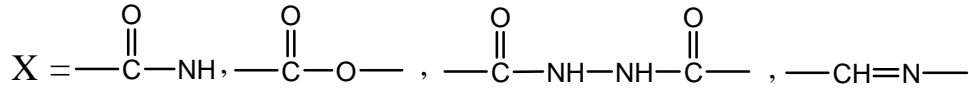
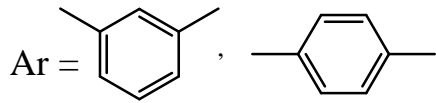
- الف- پلیمرهای تراکمی ساده مانند پلیمرهایی که از اتصالات تراکمی نسبتاً ساده بین حلقه های آروماتیک حاصل شده اند.
 - ب- پلیمرهای هتروسیکلی مانند پلیمرهایی که دارای حلقه های آروماتیک متصل شده به حلقه های هتروسیکل می باشند.
 - ج- کوپلیمرهای هتروسیکلی مانند پلیمرهایی که شامل ترکیبی از اتصالات تراکمی ساده و حلقه های هتروسیکل می باشند.
 - د- پلیمرهای نردبانی .
- برخی از نمونه مثالهای این پلیمرها در جدول ۱ نشان داده شده اند.

(جدول ۱) : گروه های مختلف پلیمرهای مقاوم حرارتی:

نام	ساختار
الف- پلی آمید، پلی آزومتین، پلی استر، پلی هیدرازید، پلی اتر، پلی کتون	<p>$[Ar-x]$</p> <p>Ar = </p> <p>X = </p> <p>Z = </p>
ب- پلی بنزایمیدازول، پلی بنزوکسازول، پلی ایمید، پلی اکسادی آزل، پلی کئینوکسالیین	<p>$[Ar-Z]$</p> <p>Ar = </p> <p>Z = </p> <p></p> <p>X = </p> <p>X' = </p> <p>R = H , Ph</p>

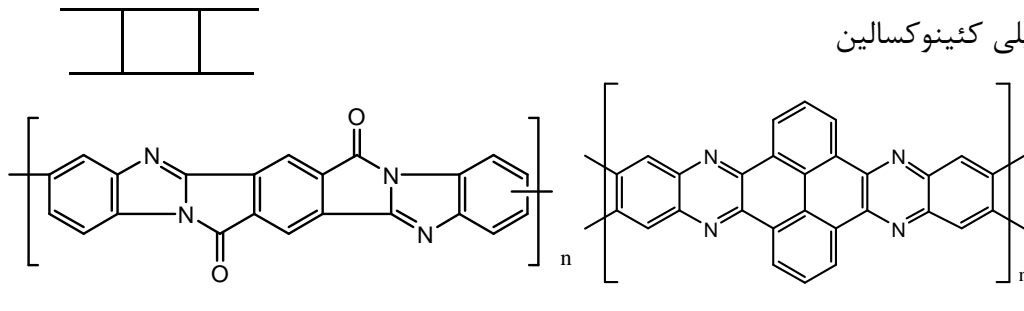
ج- پلی (آمید-ایمید)، پلی (استر-ایمید)، پلی (آمید-هیدرازید)

[X-Ar-Z]



R = H , Ph

د- پلی پیرون، پلی کئینوکسالین



۲-۱- پلیمرهای تراکمی با گروه های عاملی آمیدی و ایمیدی

۱-۲-۱- پلی آمیدها

پلی آمیدها در طبیعت در بسیاری از پپتیدها (پروتئین ها) که سازنده انواع ارگانیسم های حیوانی و همچنین ابریشم و پشم می باشند، یافت می شوند. پلی آمیدها به عنوان اولین الیاف کاملاً سنتزی در سال ۱۹۳۴ توسط شیمیدان آمریکایی ساخته شد. شرکت دوپونت^۱ نام تجاری نایلون را برای این ترکیبات انتخاب کرد.