

دانشگاه تهران

پردیس علوم

دانشکده شیمی

تهیه کاتالیست مناسب برای واکنش اولفین با مالئیک انیدرید و کاربرد آن به عنوان

سخت کننده رزین های اپوکسی

نگارش:

امید فلاح حق محمدی

اساتید راهنما:

دکتر علی نعمتی خراط

دکتر علیرضا عباسی

۱۳۸۸ / ۳ / ۲۴

پایان نامه جهت دریافت درجه کارشناسی ارشد

در شیمی معدنی

بهمن ۱۳۸۷

کتابخانه و اسناد مرکز علمی پژوهش
دانشگاه تهران

۱۱۳۹۴۰



جمهوری اسلامی ایران
دانشگاه تهران

شماره _____
تاریخ _____
پیوست _____

اداره کل جمعیتات تکمیلی

باسمه تعالی

تعهد نامه اصالت اثر

اینجانب **اسیر بی بی** متعهد می شوم که مطالب مندرج در این پایان نامه / رساله حاصل کار پژوهشی اینجانب است و به دستاوردهای پژوهشی دیگران که در این پژوهش از آنها استفاده شده است، مطابق مقررات ارجاع و در فهرست منابع و مآخذ ذکر گردیده است. این پایان نامه / رساله قبلاً برای احراز هیچ مدرک هم سطح یا بالاتر ارائه نشده است. در صورت اثبات تخلف (در هر زمان) مدرک تحصیلی صادر شده توسط دانشگاه از اعتبار ساقط خواهد شد.

کلیه حقوق مادی و معنوی این اثر متعلق به پردیس / دانشکده / مرکز دانشگاه تهران می باشد.

نام و نام خانوادگی دانشجو **اسیر بی بی**

امضاء

آدرس : خیابان انقلاب اول شیابان فجر رازی - پلاک ۵ کد پستی : ۱۳۰۴۵/۵۶۸

لایسنس : ۶۸۹۷۳۱۴



بنام خدا

دانشگاه تهران

پردیس : علوم

دانشکده : شیمی

گواهی دفاع از پایان نامه کارشناسی ارشد

هیات داوران پایان نامه کارشناسی ارشد آقای امید فلاح حق محمدی در رشته شیمی گرایش معدنی

با عنوان :

تهیه کاتالیست مناسب برای واکنش الفین با مالنیک انیدرید و کاربرد آن بعنوان هاردنر رزین اپوکسی

را در تاریخ ۸۷/۱۱/۲۹

به حروف

به عدد

نوزده و نیم تمام	۱۹/۵
------------------	------

با نمره نهایی :

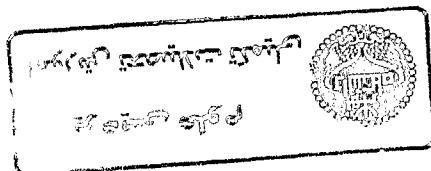
ارزیابی نمود.

عالی

و درجه :

ردیف	مشخصات هیات داوران	نام و نام خانوادگی	مرتبۀ دانشگاهی	دانشگاه یا موسسه	امضاء
۱	استاد راهنما	دکتر علی نعمتی خراط	استادیار	تهران	
۲	استاد راهنمای دوم (حسب مورد):	دکتر علیرضا عباسی	استادیار	تهران	
۳	استاد مدعو : (داور خارجی)	دکتر منصور عابدینی	استاد	تهران	
۴	استاد مدعو : (داور خارجی)	دکتر مصطفی محمدپورامینی	استاد	شهید بهشتی	
۵	نماینده کمیته تحصیلات تکمیلی پردیس یا دانشکده شیمی :	دکتر حسین مهدوی	دانشیار	تهران	

تذکر: این برگه پس از تکمیل توسط هیات داوران در نخستین صفحه پایان نامه درج می گردد.



تقدیم به

پدر و مادر مهربانم

که در سایه سار محبتشان قد کشیدم و وجودم بسته به وجود نازنینشان است

خواهر و برادرانم

که دوستان خانگی ام بودند

و

به الهام بخش زندگی ام ، از امروز تا همیشه

چکیده

دودسنیل سوکسینیک انیدرید یا DDSA یک انیدرید آلی است که مصارف مختلفی در صنعت دارد که از جمله آن ها می توان به نقش این ترکیب به عنوان سخت کننده رزین های اپوکسی اشاره کرد . DDSA توسط واکنش آلدِر - انه , بین مالئیک انیدرید و دودسن سنتز می شود . واکنش آلدِر - انه یا " انه " در واقع نوعی واکنش دیلز - آلدِر است و مکانیسمی مشابه واکنش دیلز - آلدِر دارد . در اینجا به جای دی ان و دی انوفیل , انه و انوفیل با یکدیگر وارد واکنش می شوند . واکنش آلدِر - انه توسط اسید های لوییسی کاتالیز می گردد . اسید های لوییسی که در این واکنش نقش کاتالیستی خوبی از خود نشان می دهند شامل آلومینا و آلکوکسید های فلزاتی مثل تیتانیوم و آلومینیوم می گردد . این اسیدهای لوئیس با استفاده از روش های مختلف سنتز شدند . آلومینا با استفاده از روش سنتز سل - ژل مبتنی بر هیدرولیز اسیدی آلکوکسیدهای آلومینیوم سنتز شد ، با استفاده از روش هایی مانند XRD ، TEM و BJH شناسایی شد و به عنوان کاتالیزگر مورد استفاده قرار گرفت . دودسنیل سوکسینیک انیدرید به کمک اسید های لوییسی متنوع و در شرایط گوناگونی از مواد اولیه شامل مالئیک انیدرید و دودسن تهیه گردید . در پایان پس از خالص سازی و آنالیز نمونه های ساخته شده با استفاده از روش هایی مانند کروماتوگرافی گازی (GC) و همچنین NMR ، کاتالیزورهای مناسب و شرایط بهینه ای که واکنش سنتز DDSA در آن با بیشترین بهره تولید می گردد معین گردید .

برای آن که یادم بماند ...

از استاد بزرگوار و صبورم ، جناب آقای دکتر علی نعمتی خراط که پدرانہ و صبورانہ مرا از رهنمود های ارزشمند خود بهره مند کرده اند سپاس گزارم . بی شک محبت های بی دریغشان تا ابد در یادم خواهد ماند .

از جناب آقای دکتر علیرضا عباسی کمال تشکر و قدردانی را دارم .

از دوستان عزیزم

خانم ها صداقتی زاده ، حاجی اشرفی ، زمانیان ، تمدن

و آقایان محمد نظری ، سعید نیکزاد ، پژمان زرآبادی و قاسم باخدا

که در کنارشان روزهای خوب بسیاری داشتم و در به پایان رساندن این مقطع تحصیلی کمک های آن ها نقش بزرگی داشت و همواره حضور مهربانشان پشتوانه ای بود برای پیشرفت و رشد ، بی نهایت متشکرم .

۱-۱-۱-۱	نقش کاتالیزگرها در تولید ترکیبات شیمیایی	۱
۱-۱-۱-۱	فرآیند کاتالیز و کاتالیزگر	۱
۱-۱-۲-۱	تاریخچه	۱
۱-۱-۳-۱	مقیاس سنجش فعالیت کاتالیزگرها	۲
۱-۱-۴-۱	ساختار شیمیایی کاتالیزگرها	۲
۱-۱-۵-۱	انواع کاتالیزگرها	۳
۱-۱-۶-۱	کاتالیزگرهای ناهمگن	۳
۱-۱-۷-۱	کاتالیزگرهای همگن	۵
۱-۱-۸-۱	انتخاب کاتالیزگر	۵
۱-۲-۱	رزین های اپوکسی	۶
۱-۲-۱-۱	ساختار و خواص رزین های اپوکسی	۷
۱-۲-۲-۱	پخت رزین های اپوکسی	۱۰
۱-۲-۳-۱	عوامل پخت کننده	۱۲
۱-۲-۴-۱	سایر ترکیبات مورد استفاده در فرآیند پخت	۱۳
۱-۳-۱	انواع عوامل پخت کننده و کاتالیزگرها	۱۴
۱-۳-۱-۱	آمین های آلیفاتیک	۱۶
۱-۳-۲-۱	آمین های آلیفاتیک اصلاح شده	۱۶
۱-۳-۳-۱	پلی آمیدها و آمیدو آمین ها	۱۷
۱-۳-۴-۱	آمین های آروماتیک	۱۸
۱-۳-۵-۱	سخت کننده های کاتالیزگری	۱۹
۱-۳-۶-۱	پلی سولفیدها و مرکاپتان ها	۲۰
۱-۳-۷-۱	انیدریدها	۲۱
۱-۴-۱	دودسنیل سوکسینیک انیدرید (DDSA)	۲۵
۱-۴-۱-۱	خصوصیات فیزیکی و شیمیایی DDSA	۲۶
۱-۴-۲-۱	کاربردهای DDSA	۲۸
۱-۴-۳-۱	بازدارنده خوردگی در فاز روغنی	۲۸
۱-۴-۴-۱	بازدارنده خوردگی در سایر فازها	۲۸
۱-۴-۵-۱	بهبود دهنده ویسکوزیته	۲۸
۱-۴-۶-۱	عامل پخت کننده و عمل آورنده	۲۹

- ۲۹ ۷-۴-۱- اصلاح کننده رزین های الکیدی
- ۳۰ ۸-۴-۱- حد واسط شیمیایی
- ۳۰ ۹-۴-۱- تولید نرم کننده ها و روان کننده ها
- ۳۰ ۱۰-۴-۱- سایر کاربردها
- ۳۰ ۵-۱- روش تهیه DDSA
- ۳۲ ۶-۱- واکنش آلدردر - آنه
- ۳۴ ۱-۶-۱- انواع واکنش های آلدردر - آنه
- ۳۵ ۲-۶-۱- واکنش های آنه تمام کربنی
- ۳۵ ۳-۶-۱- واکنش های هترو - آنه
- ۳۵ ۴-۶-۱- واکنش های آنه کاتالیستی
- ۳۶ ۷-۱- اسیدهای لوئیس
- ۳۷ ۱-۷-۱- آلومینا
- ۳۷ ۱-۱-۷-۱- تاریخچه
- ۴۰ ۲-۱-۷-۱- آرایش ساختاری آلومیناها
- ۴۰ ۳-۱-۷-۱- ژل های آلومینا
- ۴۰ ۴-۱-۷-۱- آلومینای فعال
- ۴۱ ۵-۱-۷-۱- گاما آلومینا
- ۴۲ ۶-۱-۷-۱- روش سل - ژل
- ۴۵ ۷-۱-۷-۱- روش های تولید ژل
- ۴۵ ۸-۱-۷-۱- نقش کاتالیزگر در هیدرولیز و تراکم
- ۴۶ ۹-۱-۷-۱- خشک کردن کاتالیزگر
- ۴۷ ۱۰-۱-۷-۱- کلسینه کردن
- ۴۸ ۲-۷-۱- آلومینیوم ایزو پروپوکسید
- ۵۰ ۳-۷-۱- زیرکونیوم (IV) کلرید
- ۵۱ ۴-۷-۱- قلع (IV) کلرید
- ۵۳ ۵-۷-۱- پاراتولوئن سولفونیک اسید
- ۵۴ ۶-۷-۱- آهن (III) کلرید
- ۵۶ ۷-۷-۱- قلع (II) کلرید
- ۵۷ ۸-۷-۱- بور تری فلوئورید
- ۵۸ ۹-۷-۱- سایر کاتالیزگرها

تجربی

۵۹	۱-۲- مواد اولیه و حلال ها
۶۰	۲-۲- خشک کردن حلال ها
۶۰	۳-۲- دستگاه ها
۶۰	۱-۳-۲- دستگاه کروماتوگرافی گازی
۶۰	۲-۳-۲- دستگاه طیف سنج رزونانس مغناطیس هسته
۶۱	۴-۲- سنتز ترکیبات
۶۱	۱-۴-۲- سنتز کاتالیزورها
۶۱	۱-۱-۴-۲- سنتز آلومینا
۶۲	الف) سنتز آلومینا با استفاده از H_2SO_4 به عنوان کاتالیزگر هیدرولیز اسیدی
۶۳	ب) سنتز آلومینا با استفاده از HCl به عنوان کاتالیزگر هیدرولیز اسیدی
۶۴	۲-۱-۴-۲- سنتز $Al(O-i-Pr)_3$
۶۴	۳-۱-۴-۲- سنتز $Ti(O-nBu)_4$
۶۵	۴-۱-۴-۲- سنتز کاتالیزگر $Si/Al/Fe$
۶۶	۵-۱-۴-۲- سنتز کاتالیزگر Si/Ti
۶۶	۲-۴-۲- سنتز DDSA

بحث و نتیجه گیری

۷۱	۱-۳- روش های شناسایی آلومینا
۷۶	۲-۳- روش های تهیه ، خالص سازی و شناسایی DDSA
۸۰	۳-۳- تنظیم دمای واکنش و مدت زمان آن
۸۲	۴-۳- واکنش های جانبی
۸۳	۱-۴-۳- تصعید مالئیک انیدرید
۸۴	۲-۴-۳- پلیمریزه شدن مواد اولیه و محصول
۸۶	۳-۴-۳- تجزیه حرارتی مالئیک انیدرید و DDSA
۸۷	۴-۴-۳- رنگ زدایی از محصول

۸۸	..... ۵-۳- تنظیم سایر شرایط واکنش
۸۸	..... ۳-۵-۱- جو واکنش
۸۹	..... ۳-۵-۲- نسبت مولی مواد اولیه
۹۰	..... ۳-۶- واکنش های دیگر
۹۱	..... ۳-۷- بهینه سازی محصول
۹۲	..... ۳-۸- انتخاب کاتالیزگرها به مهم ترین عامل در بهره واکنش
۹۳	..... ۳-۸-۱- آلومینا (Al_2O_3)
۹۶	..... ۳-۸-۲- $Ti(O-nBu)_4$
۹۷	..... ۳-۸-۳- $Al(O-i-pr)_3$
۹۹	..... ۳-۸-۴- $ZrCl_4$
۹۹	..... ۳-۸-۵- $SnCl_2Bu_2$
۱۰۰	..... ۳-۸-۶- پاراتولوئن سولفونیک اسید
۱۰۱	..... ۳-۸-۷- $FeCl_3$
۱۰۲	..... ۳-۸-۸- $SnCl_2 \cdot [2H_2O]$
۱۰۳	..... ۳-۸-۹- Ph_3SnCl
۱۰۴	..... ۳-۸-۱۰- $SnCl_4$
۱۰۵	..... ۳-۸-۱۱- $BF_3 \cdot Et_2O$
۱۰۶	..... ۳-۸-۱۲- واکنش های بدون کاتالیزگر و بدون بازدارنده های پلیمریزاسیون
۱۰۷	..... ۳-۸-۱۳- دسته بندی اطلاعات حاصل از کروماتوگرافی گازی
۱۰۹	..... ۳-۹- انتخاب گری کاتالیزگرهای استفاده شده
۱۰۹	..... ۳-۱۰- محاسبه میزان خلوص محصولات
۱۱۳	..... ۳-۱۱- بررسی طیف NMR
۱۱۳	..... ۳-۱۲- نتیجه

۱۱۶ مراجع

۱۲۵ پیوست

مقدمه

۱- مقدمه

۱-۱- نقش کاتالیزورها در تولید ترکیبات شیمیایی

۱-۱-۱- فرآیند کاتالیز^۱ و کاتالیزورها^۲

کاتالیز فرآیندی است که طی آن سرعت واکنش های شیمیایی توسط ترکیباتی که کاتالیزگر یا کاتالیست نام دارند ، افزایش می یابد [۱]. بر خلاف سایر واکنشگرهایی که در یک واکنش شیمیایی شرکت دارند ، کاتالیزورها در طی واکنش مصرف نمی شوند و در انتهای واکنش بازیابی می شوند . کاتالیزورها درصد برخوردهای موثر و منجر به انجام واکنش مولکولها را افزایش می دهند . در واقع یک کاتالیزگر، سبب پایین آمدن انرژی فعال سازی گونه های اولیه جهت انجام واکنش شده و در نتیجه واکنش در شرایط راحت تری به انجام می رسد . کاتالیست ها علاوه بر سرعت ، بر گزینش پذیری واکنش هم تاثیر می گذارند ، بدون اینکه در وضعیت ترمودینامیکی اثری داشته باشند [۲].

۱-۱-۲- تاریخچه

در یک تعریف کلی ، هر چیزی که سرعت هر فرآیندی را افزایش دهد کاتالیزگر نامیده می شود . این مفهومی است که از واژه یونانی "καταλύειν" به معنای خنثی کردن ، انتخاب کردن یا تسریع کردن گرفته شده است [۳].

عبارت «فرآیند کاتالیز شده» نخستین بار توسط «یانس یاکوب برزیلیوس^۳» در سال ۱۸۳۶ استفاده شد که او از آن برای تشریح واکنش هایی که توسط موادی تسریع می شوند که خود در انتهای واکنش بدون تغییر باقی می مانند ، استفاده کرد [۴].

¹ - Catalysis

² - Catalyst

³ - Jons jakob Berzelius

امروزه فرآیند تولید اغلب مواد شیمیایی صنعتی پر اهمیت ، شامل فرآیند کاتالیز می گردد . کاتالیست ها به خصوص در پالایش نفت نقش بسزایی ایفا می کنند . تقریبا تمام فرایندها در صنایع نفت از طریق واکنش های کاتالیستی پیش می روند . از جمله این فرایندها می توان به هیدروکراکینگ ، هیدروسولفور زدایی ، هیدروژنولیز ، هیدروژن دار کردن و به طور کلی واکنش هایی که در تهیه بنزین ، سوخت های نفتی و ... به کار می روند اشاره کرد . می توان گفت بیش از ۸۰٪ از مولکول ها در میلیون ها تن نفت خام ، در سراسر جهان در تماس با کاتالیزگرهای ناهمگن قرار می گیرند . میزان پیشرفت یک کشور را امروزه در میزان کاتالیست های مورد استفاده در صنعت آن کشور می دانند . مطالعات در زمینه تولید و بهینه سازی کاتالیزگرها یکی از شاخه های اصلی علم شیمی است [۲].

۱-۱-۳- مقیاس سنجش فعالیت کاتالیزگرها

واحد SI برای اندازه گیری فعالیت کاتالیستی یک کاتالیزگر، «کاتال»^۱ است که واحد آن مول در ثانیه است. البته فعالیت کاتالیزگرها را می توان با ^۲TON بیان کرد . بازده کاتالیستی کاتالیزگرها را نیز با ^۳TOF بیان می کنند [۵].

۱-۱-۴- ساختار شیمیایی کاتالیزگرها

ساختار شیمیایی کاتالیزگرها بسیار متنوع است ، اما می توان برخی از آنها را دسته بندی زیر قرار داد:

^۱ - Katal

^۲ -Turn Over Number

^۳ -Turn Over Frequency

- پروتون اسیدها^۱ پر مصرف ترین کاتالیزورها هستند. این ترکیبات به طور ویژه در واکنش هایی که شامل آب هستند نظیر واکنش های هیدرولیز و واکنش های معکوس هیدرولیز، نقش دارند.

- جامدات چند عاملی^۲ نیز دسته دیگری از کاتالیزورها هستند. از جمله این کاتالیزورها می توان به زئولیت ها، آلومینا و برخی از حالت های کربن گرافیت اشاره کرد.

- فلزات واسطه اغلب در واکنش های اکسایش و کاهش به عنوان کاتالیزگر استفاده می شوند. در بسیاری از فرآیندهای صنعتی، مثل هیدروژناسیون، از فلزات گروه پلاتین استفاده می شود.

- پیش کاتالیزورها^۳ ترکیباتی هستند که در ابتدای واکنش خاصیت کاتالیستی ندارند ولی در خلال واکنش، تبدیل به کاتالیزگر می شوند. مثل کاتالیزگر ویلکینسون $RhCl(PPh_3)_3$ که قبل از ورود به چرخه کاتالیستی، یک لیگند تری فنیل فسفین از دست می دهد [۶].

۱-۱-۵- انواع کاتالیزورها

بسته به اینکه کاتالیزگر و سایر اجزای واکنش در یک فاز باشند یا نباشند، کاتالیزورها می توانند همگن یا ناهمگن باشند. کاتالیزگرهای زیستی^۴ نیز اغلب در دسته ای مجزا طبقه بندی می شوند.

۱-۱-۶- کاتالیزگرهای ناهمگن^۵

اگر کاتالیزگر با واکنشگرهای یک واکنش در فازی یکسان نباشند، به آن کاتالیزگر، ناهمگن گفته می شود. اغلب کاتالیزگرهای ناهمگن جامد هستند و در محیط های مایع یا گازی حاصل از مخلوط واکنشگرها عمل می کنند. مکانیسم عمل کاتالیزگرهای ناهمگن معمولاً

¹ - Proton acids

² - Multi functional solid

³ - Pre catalysts

⁴ - Bio catalysts

⁵ - Heterogeneous catalysts

مبتنی بر جذب سطحی واکنشگرها بر روی کاتالیزگر و انجام واکنش روی سطح کاتالیزگر و سپس جدا شدن محصول از سطح کاتالیزگر است. البته مسیرهای متنوعی برای این «واکنش های روی سطح»^۱ شناخته شده اند که به این بستگی دارند که فرآیند جذب واکنشگرها توسط کاتالیزگر، چگونه رخ می دهد [۷].

به عنوان مثالی از این نوع کاتالیزگرها می توان به فرآیند هابر^۲ اشاره کرد. در این فرآیند، آهن به عنوان کاتالیزگر واکنش تهیه آمونیاک از نیتروژن و هیدروژن عمل می کند. گازهای واکنش دهنده روی سطح فعال آهن می نشینند و پیوند بین اتم های آنها سست شده و پیوندهای جدید بین اتم های نزدیک به هم ایجاد می شود.

کاتالیزگرهای ناهمگن را گاهی روی سطح ماده ثانویه ای می نشانند که به این سطح ثانویه، حامی یا پایه گفته می شود. این عمل باعث افزایش اثرگذاری کاتالیزگر و کاهش قیمت آن می گردد. گاهی سطح حامی تنها یک لایه نازک است که کاتالیزگر روی آن به طور پراکنده قرار گرفته است که این باعث افزایش سطح تماس می شود. البته، اغلب برهم کنش کاتالیزگر و سطح حامی بر روی واکنش کاتالیستی اثرگذار است [۶ و ۷].

با توجه به اینکه کاتالیزگرها در پایان واکنش بدون تغییر باقی می مانند، باید به نحوی از محصول نهایی استخراج گردند. کاتالیزگرهای ناهمگن - به خصوص کاتالیزگرهای جامد - این مزیت را دارند که می توان به راحتی آن ها را با صاف کردن از محیط واکنش خارج کرد و مجدداً مورد استفاده قرار داد.

^۱ - Reactions on surfaces

^۲ - Haber process

۱-۱-۷- کاتالیزگرهای همگن^۱

کاتالیزگرهای همگن ترکیباتی هستند که با واکنشگرهای یک واکنش در فازی یکسان قرار دارند. اصول کلی ساز و کار عملکرد آن ها با ساز و کار عملکرد کاتالیزگرهای ناهمگن به طور کلی مطابقت دارد.

عموما کاتالیزگرهای همگن به همراه اجزای واکنش دهنده در یک حلال مناسب حل می شوند و در نهایت باید روشی برای جداسازی آن از محصول، درحین فرآیند استخراج وجود داشته باشد. در غیر این صورت کاتالیزگر ارزش خود را از دست می دهد [۸].

برای شیمی دان های معدنی، کاتالیزگرهای همگن اغلب مترادف کاتالیزگرهای آلی-فلزی هستند. این کاتالیزگرهای آلی-فلزی هستند که در بسیاری از واکنشها نقش کاتالیزگر را ایفا می کنند.

۱-۱-۸- انتخاب کاتالیزگر

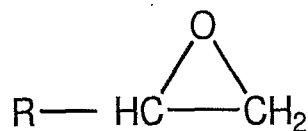
آن چه در انتخاب یک کاتالیزگر مناسب برای یک واکنش مهم است، علاوه بر کارایی و بازده مناسب آن ، خصوصیت انتخاب کنندگی^۲ کاتالیزگر است. یک کاتالیزگر باید بتواند در محیط واکنش، سرعت یک واکنش خاص را بیشتر از بقیه افزایش دهد . و اینکه باید بتواند واکنش را از مسیری پیش برد که یک محصول خاص از میان چندین محصول ممکن تولید شود [۹]. کاتالیزگر را باید بتوان به آسانی از محیط واکنش خارج کرد . هر چه امکان استفاده مجدد از یک کاتالیزگر بیشتر باشد ، ارزش آن کاتالیزگر در صنعت بیشتر است . البته عامل قیمت نیز از عوامل مهم در انتخاب کاتالیزگرها در فرآیندهای صنعتی است [۱۰].

¹ - Homogeneous catalysts

² - Selectivity

۱-۲- رزین های اپوکسی^۱

اصطلاح اپوکسی، اپوکسی رزین یا اپوکسید، به گروه گسترده ای از ترکیبات واکنش پذیری اطلاق می شود که ویژگی مشترک آنها داشتن یک حلقه اپوکسی یا یک اکسیران^۲ است [۱۱] که ساختار آن در شکل (۱-۱) نشان داده شده است:



شکل (۱-۱)

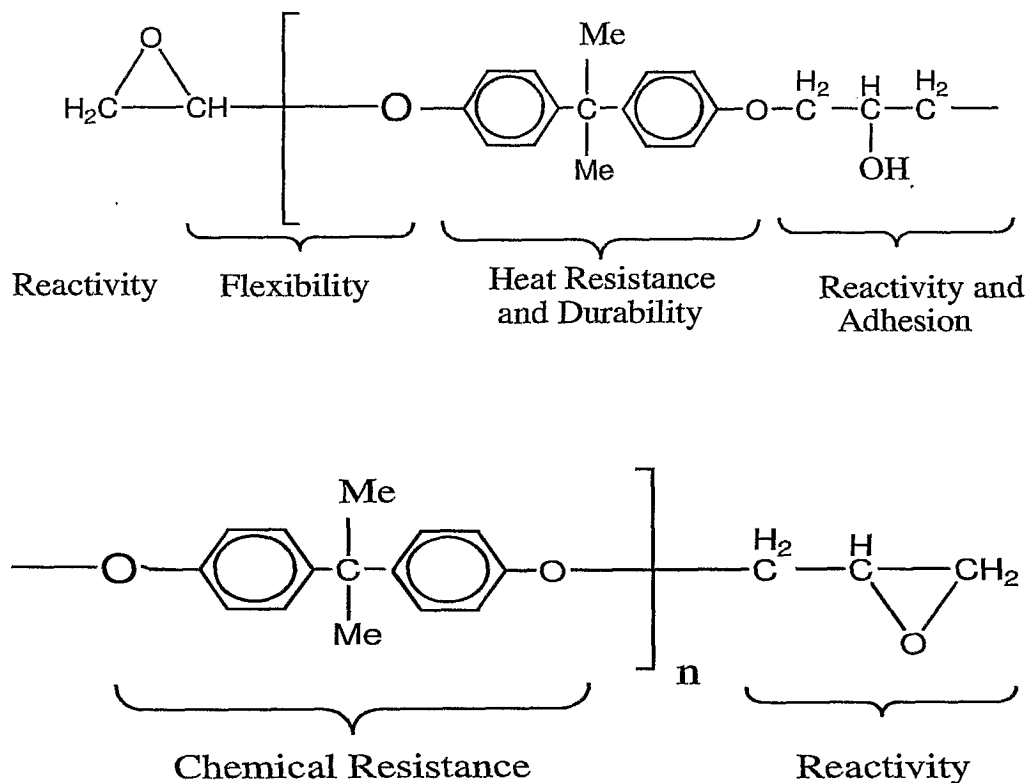
حلقه اپوکسی، حلقه ای متشکل از سه اتم است که شامل یک اکسیژن متصل به دو اتم کربن می باشد. یک رزین اپوکسی، می تواند هر مولکولی باشد که حاوی بیش از یکی از این گروه های اپوکسی است. [۱۲] تعداد گروه های اپوکسی در هر مولکول رزین اپوکسی را عاملیت^۳ آن رزین می نامند. گروه های اپوکسی می توانند در موقعیت های میانی یا انتهایی مولکول و یا در ساختارهای حلقوی وجود داشته باشند.

همین گروه های اپوکسی هستند که در فرایند پخت^۴ و یا پلیمریزاسیون برای ایجاد پلیمرهای با وزن مولکولی بالا شرکت می کنند [۱۳]. پلیمرهای اپوکسی پخت شده، ترکیباتی چگال با خواص چسبندگی بالا هستند که در صنعت کاربردهای زیادی دارند. اصطلاح اپوکسی همچنین برای معرفی رزین های اپوکسی در حالت ترموپلاستیک یا پخت نشده نیز به کار می رود [۱۴].

¹ - Epoxy Resins
² - Oxirane
³ - Functionality
⁴ - Curing process

۱-۲-۱- ساختار و خواص رزین های اپوکسی

فرمول عمومی رزین های اپوکسی را می توان به صورت یک پلی اتر خطی که دارای یک گروه اپوکسی انتهایی است و گروه های هیدروکسیل فرعی در طول این زنجیر پلی اتری وجود دارند، نشان داد [۱۵]. این ساختار کلی و همچنین خواص ویژه ای که توسط گروه های شیمیایی مختلف موجود در این ساختار ایجاد می گردند، در شکل (۲-۱) نشان داده شده است.



شکل (۲-۱)

با توجه به ساختار مولکولی اپوکسی ، می توان بسیاری از خواص رزین های اپوکسی را توضیح داد:

- گروه های اپوکسی موجود در هر دو سر انتهایی مولکول و گروه های هیدروکسیل واقع در نقاط میانی مولکول، شدیداً واکنش پذیرند و به مولکول اپوکسی رزین خاصیت واکنش پذیری می دهند [۱۶].

- خاصیت چسبندگی رزین های اپوکسی مربوط به گروه های فرعی هیدروکسیل موجود در طول زنجیره مولکول است. بخش عمده زنجیر مولکول اپوکسی رزین، حاوی حلقه های آروماتیک است که وجود آنها باعث ایجاد خاصیت مقاومت گرمایی و مقاومت شیمیایی در رزین های اپوکسی می گردد [۱۷].

- بخش آلیفاتیک مولکول اپوکسی رزین نیز باعث ایجاد انعطاف پذیری مقاومت و شیمیایی می گردد.

- مولکول اپوکسی می تواند مولکولی با وزن و خصوصیت شیمیایی بسیار متغیر باشد. با توجه به تعداد گروه های تشکیل دهنده مولکول، رزین ها می توانند مایعاتی با ویسکوزیته کم یا جامداتی سخت باشند [۱۸ و ۱۶].

- با تغییر دادن شرایط واکنش پلیمریزاسیون و همچنین عوامل پخت کننده^۱، می توان ساختارهای پلیمری بسیار متنوعی از رزین های اپوکسی ایجاد کرد. رزین های تطبیق پذیر و متنوعی از این فرآیند ایجاد می شود که می توان آنها را به آرامی یا به سرعت، در دمای اتاق و یا دماهای بالا ، به عمل آورد [۱۷].

^۱ - Curing Agents