





دانشگاه آزاد اسلامی
واحد تهران جنوب
دانشکده تحصیلات تکمیلی

سمینار برای دریافت درجه کارشناسی ارشد ”M.Sc“
مهندسی پلیمر – صنایع پلیمر

عنوان :

رزین اپوکسی و کاربرد آن در صنعت

استاد راهنما :

نگارش:

فهرست مطالب

عنوان	عنوان
-------	-------

چکیده	۱
پیشگفتار	۳

فصل یکم

دیباچه ای بر رزین اپوکسی	۴
۱. روش ساخت رزین اپوکسی	۴
۲. مکانیزم ساخت رزین اپوکسی	۶
۳. ساخت صنعتی رزین اپوکسی	۸

فصل دوم

۱. تقسیم‌بندی رزین‌های اپوکسی	۱۱
۱.۱. از جنبه ساختار شیمیائی	۱۱
۱.۲. از نقطه‌نظر سخت شوندگی	۱۱
۲. رزینهای اپوکسی بر پایه بیسفنل A	۱۲
۲.۱. رزینهای اپوکسی بر پایه بیس فنل F	۱۳
۲.۲. رزینهای اپوکسی بر پایه گلیسیدیل استر	۱۴
۲.۳. رزینهای اپوکسی بر پایه گلیسیدیل آمین	۱۵
۲.۴. رزینهای اپوکسی بر پایه گلیسیدیل آمین	۱۵
۲.۵. رزین‌های برمه شده	۱۶
۲.۶. رزین اپوکسی بر پایه ^۱ پلی اتیلن ترفتالات	۱۶

۴. رزین‌های نولوک اپوکسی ۴

فصل سوم

۱۹	سخت‌سازی رزین‌های اپوکسی
۱۹	۱. سخت‌سازی رزین‌های اپوکسی از طریق پلی ادیتیسیون
۱۹	۱. ۱. پلی ادیتیسیون در رزین‌های اپوکسی با آنهیدریدهای آلی
۲۱	۱. ۲. پلی ادیتیسیون در رزین‌های اپوکسی با ترکیبات آمینی
۲۳	۲. مکانیزم سخت شوندگی با ترکیبات آمینی
۲۴	۲. ۱. آمین اکویوالنت
۲۶	۲. ۲. نسبت اجزاء در واکنش
۲۸	۲. ۳. گروه‌بندی سخت‌کننده‌های آمینی
۲۸	۲. ۴. ۱. پلی آمین‌های الیفاتیک
۳۰	۲. ۴. ۲. پلی آمین‌های سیکلوالیفاتیک
۳۰	۲. ۴. ۳. پلی آمین‌های هتروسیکلیک
۳۰	۲. ۴. ۴. پلی آمین‌های آرالیفاتیک
۳۱	۲. ۴. ۵. پلی آمین‌های اروماتیک
۳۱	۲. ۴. ۶. پلی آمین‌های تغییر یافته
۳۱	۲. ۴. ۶. ۱. پلی آمینو آمیدها
۳۴	۲. ۴. ۶. ۲. بازیهای مانیش
۳۵	۲. ۴. ۶. ۳. پلی آمینو ایمید آزولین‌ها
۳۵	۲. ۴. ۶. ۴. گروه ترکیبات دی سیان دی آمید
۳۶	۲. سخت شدن و درجه حرارت

فصل چهارم

کاربرد رزین اپوکسی در صنعت ۴۱	۴۱
۱. اپوکسی‌های بدون حلال رزین‌های پوششی ۴۱	۴۱
۱. ۱. دیپ کت ۴۳	۴۳
۱. ۲. ژل کت ۴۶	۴۶
۱. ۳. پوشش‌های تقویت شده ۴۶	۴۶
۱. ۴. جلاهای پوششی بدون حلال ۴۸	۴۸
۱. ۵. پوشش‌های توسط اسپری و قلم مو جهت مقاومت خوردگی ۵۰	۵۰
۱. ۶. پوشش‌های تزئینی ۵۲	۵۲
۱. ۷. ترکیب‌های مخصوص تعمیر و وصله کردن بتن و پوشش‌های توسط کاردک ۶۰	۶۰
۱. ۸. ترکیبات مخصوص تعمیر و وصله کردن بتن ۶۲	۶۲
۱. ۹. کف پوشها ۶۳	۶۳
۱. ۱۰. تعمیر و نگهداری بزرگراهها ۶۵	۶۵
۱. ۱۰. ۱. آماده سازی بتن ۷۰	۷۰
۱. ۱۰. ۲. روش‌های کاربرد ۷۳	۷۳
۱. ۱۰. ۳. فرمولاسیون ۷۶	۷۶
۱. ۱۰. ۴. انتخاب کمپکلسهای بهبود دهنده‌ی هاردنرهای اپوکسی ۷۷	۷۷
۱. ۱۰. ۵. پرکننده‌ها ۷۹	۷۹
۲. پوشش‌های حلالی بر پایه رزین‌ها اپوکسی ۸۱	۸۱
۲. ۱. خوردگی ۸۴	۸۴

۴۲. محملهای جامد	۸۸
۴۳. پوشش‌های حلالی بر پایه DGEBA (جرم مولکولی ۱۰۰۰-۹۰۰)	۹۰
۴۴. پلی آمینهای آلیفاتیک نوع اول	۹۲
۴۵. پلی آمینهای چرب	۹۹
۴۶. پوششهای بر پایه استرهای DGEBA	۱۰۰
۴۷. پوششهای حلالی بر پایه DGEBA (جرم مولکولی ۴۰۰۰-۳۰۰۰)	۱۰۲
۴۸. آمینو رزینها	۱۰۲
۴۹. رزینهای فنول فرمالدئید	۱۰۴
۵۰. پوششهای حلالی بر پایه DGEBA (جرم مولکولی ۸۰۰۰)	۱۰۶
۵۱. پوششهای DGEBA مودیفای شده با اکریلیکهای ترموموست	۱۰۶
۵۲. اپوکسی‌های امولسیونی	۱۰۸
۵۳. پیگمنت‌ها و اکستندرها	۱۱۳
۵۴. پرایمرها و رزین‌های تعمیراتی	۱۱۵
فهرست منابع فارسی	۱۱۷
فهرست منابع لاتین	۱۱۸

فهرست جدول‌ها

عنوان	رویه
جدول ۴۱. طول عمر مخلوط	۲۹
جدول ۴۲. نام تجاری و تولید کنندگان برخی از سخت‌کننده	۳۷
جدول ۴۱. یک فرمول ساده برای پوشش غوطه‌وری	۴۴

جدول ۴. ۲. یک فرمول ساده جهت سیستم های تک جزئی	۴۴
جدول ۴. ۳. خواص یک پوشش اپوکسی با هاردنر کتیمنی	۵۲
جدول ۴. ۴. یک فرمول ساده برای پوشش های تزئیناتی	۵۳
جدول ۴. ۵. یک فرمول ساده برای مخصوص تعمیر	۶۰
جدول ۴. ۶. آزمایش immersion بر فیلم های روی پلی آمین - اپوکسی	۹۱
جدول ۴. ۷. خواص فیزیکی پوشش های پلی آمین - اپوکسی	۹۲
جدول ۴. ۸. دما و زمان پخت سیستم های پخت رایج	۹۴
جدول ۴. ۹. یک فرمولاسیون نمونه بر پایه هاردنر پلی آمینی	۹۵
جدول ۴. ۱۰. خواص فرمولاسیون نمونه بر پایه هاردنر پلی آمینی	۹۶
جدول ۴. ۱۱. یک فرمولاسیون پایه جهت فیلمهای شفاف پلی آمیدهای چرب	۹۸
جدول ۴. ۱۲. خواص فرمولاسیون پایه جهت فیلمهای شفاف پلی آمیدهای چرب	۹۹
جدول ۴. ۱۳. سیستمهای پخت رایج جهت آمینو رزینها	۱۰۴
جدول ۴. ۱۴. فرمولاسیون یک فیلم شفاف بر پایه رزینهای فنول فرمالدهید	۱۰۵
جدول ۴. ۱۵. یک ترکیب حلالی نمونه جته DGEBA با جرم مولکولی ۹۵۰	۱۱۰
جدول ۴. ۱۶. یک فرمولاسیون ۷۰٪ رزین DGEBA با ترکیب حلالی	۱۱۲

فهرست شکل ها

عنوان	رویه
شکل ۴. ۱. حلقه اپوکسی	۱
شکل ۴. ۲. مکانیزم ساخت رزین اپوکسی	۷

شکل ۴. ۳. مکانیزم ساخت رزین اپوکسی	۸
شکل ۴. ۴. مکانیزم ساخت رزین اپوکسی	۸
شکل ۴. ۱. رزین بیس فنل F	۱۴
شکل ۴. ۲. رزینهای اپوکسی بر پایه گلیسیدیل استر	۱۴
شکل ۴. ۳. رزینهای اپوکسی بر پایه گلیسیدیل آمین	۱۵
شکل ۴. ۴. رزینهای برمه شده	۱۶
شکل ۴. ۵. رزینهای نوولاک اپوکسی	۱۷
شکل ۴. ۶. مکانیزم ساخت رزینهای نوولاک اپوکسی	۱۸
شکل ۴. ۱. پلی ادیتیسیون در رزینهای اپوکسی با آنهیدریدهای آلی	۲۰
شکل ۴. ۲. دیاگرام های انرژی فعل سازی	۲۲
شکل ۴. ۳. مکانیزم سخت شوندگی با ترکیبات آمینی	۲۴
شکل ۴. ۴. دیاگرام شرکت DOWN CHEM	۲۷
شکل ۴. ۵. پلی آمینهای الیفاتیک	۲۹
شکل ۴. ۶. پلی آمینو آمیدها	۳۲
شکل ۴. ۷. مکانیزم تشکیل Euredur 250	۳۳
شکل ۴. ۸. مکانیزم عمل شتابدهندگی	۳۸
شکل ۴. ۱. یک سطح یکپارچه اعمال شده بر روی سطح در کارخانه لبニアت سازی	۴۷
شکل ۴. ۲. کاربرد رزین اپوکسی و الیاف شیشه جهت تعمیر لولههای سفالی سیستم فاضلاب	۴۸
شکل ۴. ۳. تعمیر بتون ترک خورده ظرف غذا (آبشور حیوانات) توسط رزین اپوکسی صد درصد جامد	۵۱
شکل ۴. ۴. پوشش سطح زیرگذر ۱	۵۴
شکل ۴. ۵. زیر گذر ۲	۵۴

۵۶	..... شکل ۴. زیر گذر ۳
۵۷	..... شکل ۴. سیستم چند پوششی مشبک شده
۵۷	..... شکل ۴. موزاییک اپوکسی ۱
۵۸	..... شکل ۴. موزائیک اپوکسی ۲
۵۸	..... شکل ۴. موزاییک اپوکسی ۳
۵۹	..... شکل ۴. موزاییک اپوکسی ۴
۵۹	..... شکل ۴. سطح زبر و خشن پانل‌های اپوکسی
۶۱	..... شکل ۴. استفاده از رزین اپوکسی در سازه‌های دریایی
۶۶	..... شکل ۴. لایه آستری کامپاند اپوکسی
۶۷	..... شکل ۴. نوارهای غیر لغزنه اپوکسی
۷۰	..... شکل ۴. سکوی مجاور ایستگاه قطار با اپوکسی غیر لغزنه
۷۱	..... شکل ۴. کاربرد کامپاند اپوکسی پلی سولفاید جهت تعمیر ترکهای سطح رویی پلی بتنی
۷۵	..... شکل ۴. اعمال کف پوش اپوکسی پر شده با شن و سنگ ریزه با استفاده از شمشه
۷۵	..... شکل ۴. اعمال کف پوش اپوکسی با استفاده از ماله
۷۸	..... شکل ۴. کاربرد لایه نازک آستری اپوکسی رزین بر سطح روی پل
۸۰	..... شکل ۴. راهنمای درصد حجمی سنگریزه برای روش‌های کاربردی مختلف
۸۰	..... شکل ۴. اثر فیلر و درصد فیلر بر روی مقاومت برشی فرمولاسیون DGEBA
۸۴	..... شکل ۴. کاربرد رزینهای اپوکسی بر روی سطح خارجی واگن‌های باری
۸۷	..... شکل ۴. پوشش رزینهای اپوکسی برای جلوگیری از خوردگی خط لوله روی زمین
۹۱	..... شکل ۴. کاربرد رنگ اپوکسی جهت پوشش سطح فرودگاه
۹۳	..... شکل ۴. کاربرد پوشش اپوکسی به سطح رویی واگن بدون لبه
۱۰۷	..... شکل ۴. استفاده از پوشش اپوکسی جهت حفاظت سکوی پرتاپ

- شکل ۴.۲۸. رنگ آمیزی یک هتل مجلل ۱۰۷
- شکل ۴.۲۹. رنگ آمیزی $\frac{1}{2}$ میلیون فوت مربع از سازه جرثقیل ۱۱۱
- شکل ۴.۳۰. کاربرد پوشش اپوکسی بر سطح داخلی تانک آب مقطر ۱۱۴
- شکل ۴.۳۱. اثر pigment TiO_2 نمودار تنفس و کرنش ۱۱۴

چکیده

فرمولاسیون‌های بر پایه رزین‌های اپوکسی مایع بدون حلال کاربردهای صنعتی بسیاری داشته که از جمله می‌توان به پوشش غوطه‌وری، پوشش توسط اسپری، کامپاندهای اشباع سازی و پوششهای تقویت کننده یا غیر تقویت کننده اعمال شونده با ماله، اشاره کرد. پوششهای٪ ۱۰۰ جامد (به جز آن دسته که با کتیمینها پخت می‌شوند) معمولاً در ضخامت‌های بالا $\frac{1}{16} in$ (یا بیشتر) اعمال شده و ماکریمم مقاومت شیمیایی قابل دستیابی با رزین‌های اپوکسی را ارائه می‌دهند.

مهمنترین کاربرد این دسته از رزینها تعمیر و پوشش سازه‌های بتنی می‌باشد. این فرمولاسیونها معمولاً بر پایه DGEBA رقیق شده بوده که حاوی افزودنی‌های منعطف کننده یا هاردنرهای منعطف کننده می‌باشند. این کامپاندهای حاوی ماکریمم درصد فیلر مناسب جهت کاربرد و شرایط سرویس دهی می‌باشند. در طراحی این فرمولاسیونها باید با دقت بسیار تنش‌های ممکن در حین سرویس دهی را مد نظر داشت. از موارد مهم در تعمیر و پوشش سازه‌های بتنی تمیز کاری مناسب سطح می‌باشد. در این زمینه لازم است سطح بتن فرسوده به روش‌های مکانکی حذف شده و سپس به روش‌های شیمیایی شستشو داده شود.

کامپاندهای٪ ۱۰۰ جامد اپوکسی، هنگامی که در ضخامت زیاد استفاده می‌شوند، مزیتهاي بسیاری داشته که جوابگوی قیمت بالای آنها خواهد بود. اکثر رزینهای اپوکسی که به صورت پوششهای حلالي استفاده می‌شوند زیر مجموعه DGEBA با جرم مولکولی بالاتر از ۹۵۰ می‌باشند. رزینهای بر پایه DGEBA با جرم مولکولی ۴۰۰۰ ۹۵۰ معمولاً به همراه هاردنردهای آمینی یا پلی آمینها و پلی آمیدهای چرب جهت پوششهای حلالي قابل پخت در دمای اتاق استفاده می‌شوند. نمونه‌های با جرم مولکولی ۴۰۰۰ ۱۵۰۰ معمولاً استری شده‌اند و رزینهای جرم مولکولی ۳۰۰۰ ۴۰۰۰ به همراه رزینهای فنول فرمالدئید یا آمینورزینهای به صورت کوره‌ای به کار می‌روند. و رزینهای با جرم مولکولی خیلی بالا نیاز به هیچ عاملی پختی ندارند.

پوششهای پخت شده در دمای اتاق مقاومت شیمیایی ترمالی ارائه می‌دهند اما ماکزیمم مقاومت شیمیایی و سایش با استفاده از سیستمهای اپوکسی/ فنول فرمالدئید حاصل می‌شود. سیستمهای آمینورزین/ اپوکسی نیز ماکزیمم انعطاف‌پذیری و حفظ رنگ را به همراه دارند. و اپوکسی استرها به عنوان آلکلیدهای با خواص عالی استفاده می‌شوند.