

# بررسی مقایسه‌ای خواص گرمایی و مکانیکی رزینهای چسبناک کننده آروماتیک

Comparative Thermal and Mechanical Study of Aromatic Tackifying Resins

محمدحلال‌الدین ظهوریان مهر، احمد ربیعی

تهران، پژوهشگاه پلیمر ایران، گروه چسب و رزین، صندوق پستی ۱۱۵-۱۴۹۱۵

دریافت: ۱۳۹۰/۱۰/۲۸، پذیرش: ۱۳۹۱/۰۶/۲۹

## چکیده

در این بررسی رزینهای چسبناک کننده، که به عنوان جزء جدانشدنی فرمولندی انواع چسبها، درزگیرها، پوشش سطوح، لاستیکها، مرکبهای چاپ و مواد خط‌کشی جاده مصرف می‌شوند، از لحاظ گرمایی و مکانیکی ارزیابی شده‌اند. مطالعه خواص گرمایی روی چهار رزین سنتز شده در آزمایشگاه و دو رزین تجاری موجود (کولون و پرو انجم) و معلوم شد که رفتار و خصوصیات گرمایی رزین سنتزی استیریز-س از بک دوره گرمادهی، با رفتار گرمایی پترو بسیار شبیه است. اما هر دو با رزین کولون از لحاظ گرمایی تفاوت آشکار دارند. دو رزین استرژ و کولون در قالب چند فرمولندی چسب حلالی با دو لاستیک NR و SBR و حلال تولوئن از نظر خواص مکانیکی مقایسه شدند. آزمونهای استاندارد کشش برشی و پوستگی با استفاده از ورقه‌های آلومینیومی در مورد هر فرمولندی انجام و معلوم شد که لاستیک NR و SBR به ترتیب عامل استحکام برشی و پوستگی، رزین کولون عامل افزایش خواص چسبندگی و استحکام عمومی چسب و رزین استرژ عامل مهم افزایش خاصیت همجسی است.

واژه‌های کلیدی: رزین چسبناک کننده، استیرن، چسب حلالی، خواص گرمایی، آزمون کشش

*Key Words: tackifier resin, styrene, solvent-based adhesive, thermal properties, tensile test*

## مقدمه

بسته به کاربرد مورد نظر می‌تواند حلال آلی، آب یا گرما باشد. بنابراین، چسبهای سنتزی بر حسب نوع حامل به سه گروه زیر تقسیم می‌شوند:

- چسبهای حلالی یا تماسی مانند چسبهای پایه لاستیک طبیعی، لاستیک استیرن-بوتادیان یا نیوپرن.
- چسبهای آبی یا تعلیقی که نمونه‌های مشخص آن تعلیقهای پلی‌وینیل استات است.
- چسبهای مذاب-داغ که نمونه‌های مشخص آن سیستمهای کوپلیمری اتیلن-وینیل استات است.

بطور کلی سیستمهای چسب را می‌توان به دو گروه متمایز چسبهای طبیعی و سنتزی تقسیم کرد. چسبهای طبیعی انواع چسبهای حیوانی، دکسترینها و چسبهای پایه کارژین را شامل می‌شوند. چسبهای سنتزی خود در سه گروه گرماسختها، گرمانرمها و الاستومرها قرار می‌گیرند.

فرمولندی چسبهای سنتزی عموماً بر اساس پلیمر پایه آماده خام (ساز)، بک رزین چسبناک کننده و بک حامل است. حامل،

زمان ۲ دقیقه.

رزین چسبناک کننده تجارنی از نوع آروماتیک، جامد به رنگ زرد کهربایی، با دمای نرمی  $120^{\circ}\text{C}$ ، نام تجاری کولون P-120 ساخت شرکت شیمیایی کولون ژاپن مورد استفاده قرار گرفت. رزین آروماتیک دیگری (پترو) که تنها مورد ارزیابی گرمایی واقع شد، دارای مشخصات ظاهری همین رزین، اما ساخت شرکت آمریکایی آکروکم با نام تجاری پترو-رز ۳۰۰ و دارای دمای نرمی  $100^{\circ}\text{C}$  است که در صنعت لاستیک کشور از آن استفاده می‌شود. رزین چسبناک کننده سنتزی با نام استیرز طبق روش تهیه شده در این آزمایشگاه تهیه شد. وزن مولکولی و توزیع آن به کمک GPC با حلال THF در دمای  $30^{\circ}\text{C}$  معین شد:  $M_w/M_n=1/8$  و  $M_n=916$  برای تهیه آن از آلومینیم کلرید به عنوان آغازگر پلیمر شدن کاتیونی به میزان ۰/۴ درصد وزنی و از استیرن صنعتی داخلی به عنوان مونومر به میزان ۳۴ درصد وزنی استفاده شد [۲].

برای آزمون برش (lap-shear test) از صفحات آلومینیم  $3003$  به ابعاد  $25/4 \times 101/4 \times 2/2$  mm برای آزمون پوستگی (T-peel test) از ورقه‌های آلومینیم  $1100$  با  $1050$  به ابعاد  $25 \times 229 \times 0/72$  mm<sup>۲</sup> استفاده شد.

#### دستگاه

مطالعه خواص گرمایی با استفاده از سیستم تلفیقی DSC-TG با نام Simultaneous Thermal Analyzer, Rheometric Scientific STA۱۲۵ در اتمسفر هوا و سرعت گرمادهی  $20^{\circ}\text{C}/\text{min}$  انجام شد. برای شواهد تکمیلی شناسایی از طیف‌نمایی  $^1\text{H}$  NMR (دستگاه ژئول مدل JMX۶۰SI حلال  $\text{CCl}_4$  و مرجع TMS) استفاده شد. هر دو آزمون کشش یاد شده با استفاده از دستگاه اینسترون مدل ۶۰۲۵ در دمای معمولی و طبق شرایط استاندارد ASTM انجام شد [۴،۵]. سرعت‌های کشش برای این آزمون‌ها به صورت  $1/3$  mm/min برای برش و  $254$  mm/min برای پوستگی منظور شد.

#### روشها

##### شناسایی گرمایی

نمونه‌های تجاری و سنتزی با دستگاه DSC-TG مورد شناسایی گرمایی قرار گرفتند. در موارد معین، برای تایید برخی مشخصات ساختاری از طیف‌سنجی  $^1\text{H}$  NMR استفاده شد.

لپه نمونه برای آزمون‌های کشش

آماده‌سازی سطح آلومینیم طبق استاندارد ASTM D ۲۶۵۱ صفحه‌های آلومینیمی ابتدا چربی‌زدایی و سپس اسیدشویی شدند.

از چسبناک کننده‌ها، علاوه بر کاربرد در چسب‌ها، در موارد متعددی استفاده می‌شود که از جمله آنها می‌توان به فرمولبندی پوشش سطوح، درزگیرها، مرکب‌های چاپ، رنگهای ترافیک (خط کشی خیابانها و جاده‌ها) و مواد افزودنی به لاستیکها اشاره کرد.

غلت افزودن رزینهای چسبناک کننده به پایه پلیمری (ماده خام بنا)، بهبود چسبندگی، چسبندگی ویژه و خاصیت مرطوب‌شوندگی و تنظیم خواص رئولوژیکی سیستم چسب نهایی است. برای بروز این خواص، یک چسبناک کننده خوب باید سه ویژگی اساسی داشته باشد: سازگاری با پلیمر پایه، وزن مولکولی بسیار کم نسبت به آن، و دمای انتقال شیشه‌ای ( $T_g$ ) بالاتر از آن [۱].

رزینهای چسبناک کننده به رزینهای تریپنی، رزینهای راتیانه‌ای (کلوفان) و رزینهای هیدروکربنی تقسیم می‌شوند. رزینهای هیدروکربنی خود شامل سه طبقه رزینهای نفتی، رزینهای کومارون-ایندن (حاصل از زغال‌سنگ) و رزینهای مشی بر مونومر خالص‌اند. رزینهای نفتی، که اخیراً به طور جامع و کامل مرور شده‌اند [۲]، به سه طبقه اصلی تقسیم می‌شوند: رزینهای آلیفاتیک ( $C_6$ )، رزینهای آروماتیک ( $C_6$ ) و رزینهای دی‌سیکلوپنتادی‌سی (DCPD). برخلاف راتیانه‌ها، که ترکیباتی غیرپلیمری عمدتاً با ساختار آینه‌ای اسیدند، رزینهای هیدروکربنی ترکیباتی پلیمری‌اند که از پلیمر شدن مونومرهای حاصل از نفت یا زغال‌سنگ حاصل می‌شوند. بنابراین، نوع مونومرها و نوع فرایندهای پلیمر شدن عوامل اصلی تعیین‌کننده مشخصه‌های گرمایی رزین یعنی سازگاری، وزن مولکولی و  $T_g$  است.

در مرجع ۳ ستر تهیه رزینهای چسبناک کننده مشی بر مونومرهای با خلوص صنعتی (استیرن و درمیل استیرن) بررسی شده است. در این مقاله، چند نمونه رزین سنتز شده و چند نمونه رزین آروماتیک تجارنی از لحاظ خواص گرمایی و مکانیکی مورد ارزیابی مقایسه‌ای قرار خواهند گرفت.

#### تجارنی

##### بول

در فرمول چسب‌ها، از تولوئن صنعتی داخلی به عنوان حلال استفاده شد. لاستیک استیرن-بوتادی‌ان SBR ۱۵۰۲ ساخت پتروشیمی بندر امام با گرانروی مونی  $MI(1,4)=51/8$  و نسبت بوتادی‌ان: استیرن برابر با ۲۴/۷۶ مورد استفاده قرار گرفت. از لاستیک طبیعی نوع SMR ۲۰ پس از غلنک‌کاری با آسیاب دو غلنکی و کاهش گرانروی مونی آن از ۹۲ به ۶۴/۳ استفاده شد. شرایط غلنک‌کاری عبارت است از: سرعت چرخش ۲۲/۵ rpm، دما  $32^{\circ}\text{C}$ ، فاصله بین دو غلنک ۰/۵mm و

جدول ۱. فرمولبندی کلی جسه‌های حلالی تهیه شده.

فرمولبندی	لاستیک (g)	رزین (g)	حلال (g)
A	۲۰	۱۰	۱۷۰
B	۲۰	۲۰	۱۷۰
C	۲۰	۴۰	۱۷۰

محلول قلیایی چربی‌زدایی حاوی ۳ قسمت وزنی سدیم متاسیلیکات، ۱/۵ قسمت سدیم هیدروکسید، ۵/۰ قسمت سدیم دودسیل بتزن سولفونات و ۱۳۳ قسمت آب است [۶]. محلول اسیدشویی شامل یک قسمت وزنی پتاسیم دی کرومات، ده قسمت سولفوریک اسید غلیظ و سی قسمت آب است [۷]. دستور کار در مراجع مربوط آمده است.

#### فرمولبندی جسه‌های حلالی

با استفاده از دو نوع لاستیک NR و SBR، دو نوع رزین چسناک کننده کولون و استیرز و حلال تولوئن، سه فرمولبندی ساده A، B و C بدون هر گونه ماده افزودنی تهیه شد (جدول ۱). بدین ترتیب که ابتدا، قطعات ریز شده لاستیک به مدت طولانی (برای SBR حدود ۴۸ ساعت و برای NR حدود ۷۲ ساعت) در حلال غوطه‌ور می‌شود تا متورم و سرانجام حل شود و سپس، با افزودن رزین و گذشتن زمان بیشتر همراه با همزدن مکانیکی، چسب به شکل محلولی گرانو، همگن و شفاف بدست می‌آید. نمونه‌های چسب بر پایه NR دور از گرما و نور در یخچال نگهداری و هر چه سریعتر مصرف می‌شوند، تا از گزند تخریب در آن بمانند.

#### چسب‌کاری و آماده‌سازی نمونه

ابتدا چگالی چسب خشک در مورد هر فرمولبندی بطور تجربی معین و میانگین وزن چسب خشک و محلول چسب مورد نیاز در هر آزمون حساب شد [۸]. شایان ذکر است که ضخامت لایه چسب خشک در هر آزمون کنش باید ۲ تا ۶ mil (۰/۰۵ تا ۰/۱۵ cm) باشد [۹]. در نتیجه، مثلاً برای تهیه یک نمونه جهت آزمون برش برای ارزیابی فرمولبندی B حاوی لاستیک طبیعی و رزین کولون، طبق

جدول ۲ باید ۱۴/۰ از چسب روی دو صفحه آلومینیومی در قسمت مربوط ریخته و پخش شود.

انتقال محلول چسب به صفحات آلومینیومی در مورد نمونه‌های آزمون برش به کمک اسپاتول و در مورد نمونه‌های آزمون پوستگی به وسیله یک سرنگ پلاستیکی و با حداکثر سرعت ممکن انجام می‌شود تا تخیر حلال حین توزین به حداقل برسد. پس از پخش کردن چسب روی سطح با نوک اسپاتول، صفحات چسب خورده به مدت ۲۴ ساعت در دمای محیط و دور از گرد و غبار و سپس به همین مدت در  $40^{\circ}\text{C}$  قرار داده می‌شوند، تا کاملاً خشک گردند. برای هر چسب چهار نمونه برای آزمون برش و چهار نمونه برای آزمون پوستگی تهیه شد. صفحات چسب خورده مربوط روی هم قرار شدند و به وسیله یک گیره دستی مدتی در دمای محیط تحت فشار قرار گرفتند. زمان و فشار برای نمونه‌های آزمون برش به ترتیب ۲۰ دقیقه و  $10\text{ kg/cm}^2$  و برای نمونه‌های آزمون پوستگی به ترتیب ۱۵ دقیقه و  $20\text{ kg/cm}^2$  در نظر گرفته شد. کلیه نمونه‌ها حدود یک ساعت بعد از پرس در دمای محیط مورد آزمونهای مکانیکی (کشش) قرار گرفتند.

## نتایج و بحث

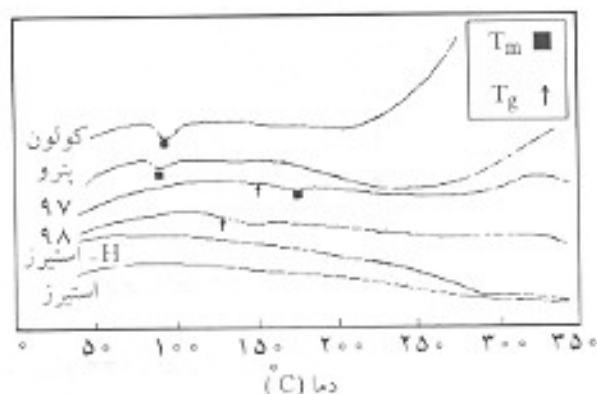
### خواص گرمایی

تنها گزارش موجود در منابع علمی درباره بررسی خواص گرمایی رزینهای نفتی آروماتیک، مقاله جارم و همکاران اوست [۱۰] که در آن خصوصیات گرمایی سه رزین آروماتیک که ساخته خود آنهاست و از پلیمر شدن مخلوط مونومرهای آروماتیک تهیه شده‌اند، بررسی شده است. اما، درباره رفتار گرمایی رزینهای مبتنی بر مونومر خالص گزارشی دیده نمی‌شود. بنابراین، در این مقاله به بررسی خواص گرمایی چند رزین استیرنی ستزی در مقایسه با دو رزین آروماتیک تجارتمی می‌پردازیم. گرمانگاشتهای TG و DSC به ترتیب در شکل‌های ۱ و ۲ ارائه شده و برخی خواص گرمایی مهم این رزینها در جدول ۳ خلاصه شده است. شایان ذکر است که رزین H-استیرز (جامد) همان استیرز (نیمه

جدول ۲- چگالی چسب خشک و وزن چسب لازم از هر فرمولبندی به ازای نوع لاستیک و نوع آزمون کنش\*.

فرمولبندی	چگالی SBR/Colon (g/cm <sup>3</sup> )	چگالی NR/Colon (g/cm <sup>3</sup> )	وزن چسب برای آزمون برش (g)		وزن چسب برای آزمون پوستگی (g)	
			SBR/Colon	NR/Colon	SBR/Colon	NR/Colon
A	۰/۹۵۱	۰/۹۳۵	۰/۱۸	۰/۱۷	۳/۵	۳/۲
B	۰/۹۷۳	۰/۹۵۵	۰/۱۵	۰/۱۴	۲/۸	۲/۶
C	۱/۰	۰/۹۸۵	۰/۱۱	۰/۱	۲/۱	۱/۹

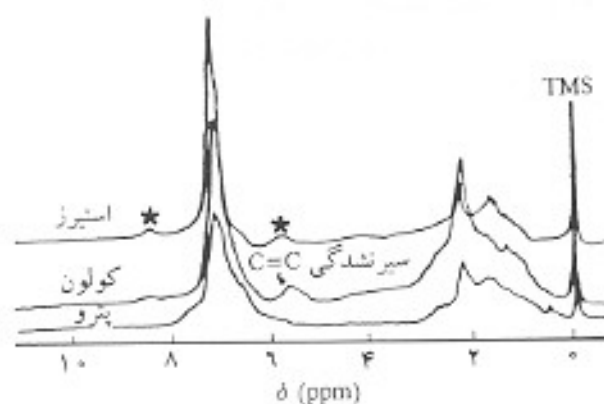
\* با توجه به شباهت چگالی رزین استیرز با رزین کولون (حدود  $1/05\text{ g/cm}^3$ ) مقادیر مذکور در این جدول برای فرمولبندیهای حاوی رزین استیرز نیز در نظر گرفته شد.



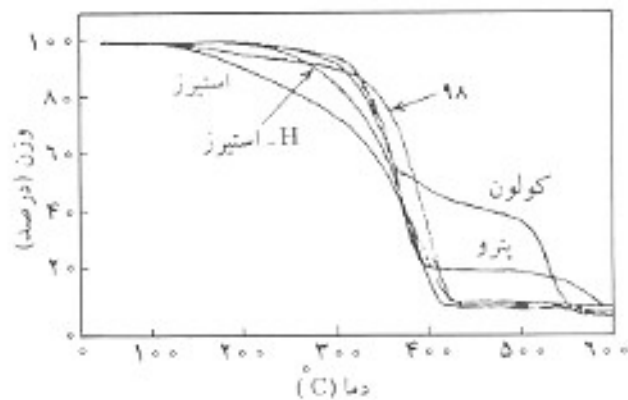
شکل ۲- گرمانگاشت DSC تا حدود تخریب برای چهار رزین استیرنی ستر شده (نمونه ۹۷، ۹۸، استیرز و H- استیرز) و دو رزین تجاری کولون و پترو، در هوا.

اضافه شوند و با ایجاد اتصالات عرضی به طور مقطعی مقاومت گرمایی سیستم را بالا برند و آهنگ افت وزنی کند شود. اما با افزایش بیشتر دما، این شبکه مقاوم نیز تخریب می‌شود و افت وزنی تشدید می‌شود.

از میان رزینهای استیرنی، نمونه ۹۷ دمای ذوب نشان می‌دهد (جدول ۳) و در دو رزین ۹۷ و ۹۸ دمای انتقال شیشه‌ای مشاهده می‌شود. از سوی دیگر، با توجه به دمای آغاز تخریب (initial degradation temperature, IDT)، رزین استیرنی ۹۸ در مقابل گرما بیشترین پایداری را دارد، اگر چه رزینهای تجاری پترو و کولون از لحاظ پایداری بلند مدت (که دما در ۱۰ درصد افت وزنی یا همان  $T_{10}$  می‌تواند معیاری از آن باشد) برتری نسبی دارند. با توجه به



شکل ۳- طیف  $^1\text{H}$  NMR، ۶۰ MHz، رزین استیرنی شده (استیرز) و دو رزین تجاری در حلال  $\text{CDCl}_3$  (بیکهایی که با علامت \* مشخص شده‌اند، نوارهای جنبی هستند که به سرعت نامناسب چرخش لوله نمونه مربوط می‌شوند).



شکل ۱- گرمانگاشت TGA برای سه رزین استیرنی ستر شده (نمونه ۹۸، استیرز و H- استیرز) و دو رزین تجاری کولون و پترو، در هوا.

جامد است که به مدت ۱۸ ساعت در آون با گردش هوا با دمای  $110^\circ\text{C}$  گرمادهی شده و ضمن حدود ۱۵ درصد افت وزنی، بدون تغییر رنگ محسوس به جامد تبدیل شده است. نمونه‌های ۹۷ و ۹۸ جامدهایی بی‌رنگ‌اند که به ترتیب در حلالهای دی‌کلرومتان و مخلوط تولوئن و دی‌کلرومتان با نسبت حجمی ۱:۱ ستر شده‌اند [۳]. در ضمن، خواص گرمایی در هوا مطالعه شد تا این بررسی معیار عملی‌تری از رفتار رزین در مقابل گرما باشد.

همان‌طور که از شکل ۱ پیداست، دو رزین استیرز و کولون تفاوت آشکار با بقیه دارند. اولی در دمای نسبتاً پایین (حدود  $120^\circ\text{C}$ ) شروع به افت وزنی می‌کند و دومی دو پله مشخص در گرمانگاشت TGA خود دارد. همان‌طور که اشاره شد، با گرمادهی استیرز که مایعی بسیار گرار و است، H- استیرز که رزینی جامد با ظاهری همانند رزینهای تجاری است بدست می‌آید که گرمانگاشت TG (شکل ۱) و اختصاصات گرمایی آن (جدول ۳) نیز شبیه رزینهای تجاری است، اما دمای ذوبی نشان نمی‌دهد (شکل ۲). مقایسه TG دو رزین استیرنی یاد شده حاکی از خروج حدود ۱۵ درصد الیگومرهای بسیار سبک است. بطور کلی معلوم شده است که گرمادهی رزینها موجب افزایش وزن مولکولی و کاهش توزیع وزن مولکولی آنها می‌شود که علت آن به واکنش گرمایی محدود پیوندهای دوگانه موجود در رزینها مربوط می‌شود [۳].

دو پله‌ای شدن نمودار TG مربوط به کولون را می‌توان به وجود پیوندهای دوگانه به مقدار قابل توجه در این رزین نسبت داد که باعث بروز اختلاف در رفتار تخریب اکسایشی آن می‌شود. مقایسه طیفهای  $^1\text{H}$  NMR در شکل ۳ تفاوت آشکار این رزین را با رزینهای پترو و استیرز از نظر وجود سیرنشستگی (ناحیه ۵/۴-۵/۸ ppm) نشان می‌دهد. در دمای حدود  $400^\circ\text{C}$ ، پیوندهای دوگانه می‌توانند به هم

جدول ۳- خواص گرمایی رزینهای چسبناک‌کننده آروماتیک نجارتی و سنتزی (الف).

رزین	نتایج TGA (°C)		نتایج DSC (°C)	
	T <sub>10%</sub> (°C)	DTG (°C)	T <sub>m</sub>	T <sub>g</sub>
کولون	۳۰۰	۲۷۴	۹۱	-
پنرو	۳۱۵	۲۷۳	۸۸	-
استیرز	۲۰۰	-	-	-
II- استیرز	۲۸۵	۲۶۶	-	-
۹۷ (د)	۲۸۵	۲۹۰	۱۷۴	۱۴۱
۹۸ (ه)	۲۹۵	۲۹۷	-	۱۲۹

(الف) مشخصات نمونه‌ها و شرایط تجزیه در متن آمده است. استیرز تنها رزین نیمه جامد (مابع بسیار گرانوار) در بین این نمونه‌هاست، (ب) دمای آغاز تخریب نمونه، (ج) دما در ۱۰ درصد افت وزن، (د) رزین استیرزی سنتز شده در دی کلرومتان و (ه) رزین استیرزی سنتز شده در مخلوط ۱:۱ تولوئن و دی کلرومتان.

اینکه این رزینها عاری از هرگونه ماده افزودنی‌اند، ریشه تمام این خواص در ساختار شیمیایی آنها نهفته است. ولی، با توجه به ساختار بسیار پیچیده این رزینها که حاوی شاخه‌های جانبی متنوع، حلقه‌های ایندان و پیوند دوگانه است، دلایل قطعی این اختلاف خواص کاملاً مشخص نیست. شاید بتوان با دستگاههای فوی FT-NMR درباره شناسایی دقیق ساختار شیمیایی رزینهای مبتنی بر مونومر خالص به نتایجی دست یافت، با این وجود حتی با داشتن چنین امکانات دستگاهی نیز نمی‌توان از ساختار رزینهای مبتنی بر مخلوط مونومرها پرده برداشت. به هر حال، همان‌طور که شکل ۳ نشان می‌دهد، کلیه رزینهای آروماتیک جذبهایی در دو ناحیه آلیفاتیک و آروماتیک نشان می‌دهند که حتی با تغییرات عمده در خواص ظاهری و فیزیکی نیز تفاوتی چشمگیر در طیف <sup>1</sup>H NMR (۶۰ MHz) آنها دیده نمی‌شود. ارتباط خواص فیزیکی با ساختار شیمیایی پیچیده رزینهای چسبناک‌کننده و

اینکه چگونه این رزینها خواص رئولوژیکی سیستمهای پلیمری را تنظیم می‌کنند موضوعی است که پژوهشگران را به چالش می‌طلبد.

#### خواص مکانیکی

##### آزمون برش

با توجه به نتایج مندرج در جدول ۴، از بین سه فرمولبندی B و A و C چسب حلالی متشکل از لاستیک NR و رزین کولون با فرمولبندی C بیشترین استحکام برشی را دارد. چسب حلالی متشکل از لاستیک SBR و رزین کولون با فرمولبندی C نسبت به فرمولبندی A و B از استحکام برشی بیشتری برخوردار است و این بدان معناست که در بکارگیری دو لاستیک NR و SBR و رزین کولون، چنانچه نسبت رزین به لاستیک دو برابر شود، بهبود خواص چسب از جنبه استحکام برشی حاصل خواهد شد. میانگین میزان جابه‌جایی در حداکثر بار اعمال شده در فرمولبندی شامل لاستیک NR و رزین کولون و فرمولبندی شامل لاستیک SBR و رزین کولون به ترتیب برابر ۲ و ۲/۱۲ mm است. این بررسیها نشان می‌دهد که لاستیک NR نسبت به SBR در ترکیب با رزین کولون دارای استحکام برشی بیشتری است که این نتیجه به خواص بهتر لاستیک NR از جنبه استحکام برشی مربوط می‌شود [۸].

چسب حلالی متشکل از لاستیک NR و رزین استیرز در مقایسه با چسب حلالی شامل لاستیک SBR و رزین استیرز از استحکام برشی بیشتری برخوردار است. میانگین میزان جابه‌جایی در حداکثر بار اعمال شده در فرمولبندی شامل لاستیک NR و رزین استیرز و فرمولبندی شامل لاستیک SBR و رزین استیرز به ترتیب برابر ۲/۸۲ و ۵/۷ mm است. این بررسیها نشان می‌دهد که فرمولبندی SBR با رزین استیرز از نظر استحکام برشی مردود است و استحکام برشی لاستیک NR و رزین استیرز، اگرچه از استحکام حاصل از فرمولبندی SBR و رزین استیرز بیشتر است، اما این استحکام نسبت به استحکام حاصل از

جدول ۴- نتایج آزمون برش.

فرمولبندی	لاستیک	رزین کولون		رزین استیرز	
		بار (N)	جابه‌جایی در حداکثر بار اعمال شده (mm)	بار (N)	جابه‌جایی در حداکثر بار اعمال شده (mm)
A	NR	۲۶۸	۲/۸	۸۳/۷	۳
	SBR	۵۸	۲/۱۶	۴۳	۰/۶۷
B	NR	۴۲۴/۵	۲/۹	۱۰۷/۶	۲/۹
	SBR	۷۰/۶	۱/۷	۳۷	۰/۶۵
C	NR	۵۸۳	۲/۳	۶۸/۷	۲/۶
	SBR	۱۹۲/۵	۲/۵۲	۳۰	۰/۷۸

جدول ۵- نتایج آزمون پوسنگی

رزین استیرز		رزین کولون		لاستیک	فرمولبندی
شکست همجسی	بار (N)	شکست همجسی	بار (N)		
۰	۱۳/۶	۰	۱۶/۷	NR	A
کامل	۴۸	متوسط	۱۰۳/۸	SBR	
۰	۲۶/۴	۰	۲۴/۲	NR	B
زیاد	۳۷/۵	کم	۶۶/۷	SBR	
کم	۱۱/۴	کامل	۹/۴	NR	C
زیاد	۲۹/۵	کم	۷۰/۵	SBR	

نشان می‌دهد، اما در فرمولبندی چسب حلالی شامل لاستیک NR و رزین استیرز این کمیت ناچیز است.

مقادیر استحکام پوسنگی با فرمولبندیهای ساخته شده در مورد لاستیک SBR، هم با رزین کولون و هم با رزین استیرز، نسبت به فرمولبندیهای متناظر حاوی لاستیک NR در تمام موارد بیشتر است و در نتیجه، برای ساختن چسبی که استحکام پوسنگی زیادی داشته باشد می‌توان از لاستیک SBR استفاده کرد و در مقام مقایسه، رزین کولون نسبت به رزین استیرز به عنوان ماده چسبناک کننده مزیت دارد. بنابراین، بیشترین استحکام پوسنگی از مخلوط لاستیک SBR و رزین کولون و کمترین استحکام پوسنگی از مخلوط لاستیک NR و رزینهای کولون و استیرز حاصل شده است. همچنین، رفتار پوسنگی برای فرمولبندی مشکل از لاستیک SBR و رزین استیرز بیشترین شکست همجسی را دارد و جداشدگی بطور کامل از ناحیه چسب به چسب اتفاق می‌افتد.

### نتیجه‌گیری

خواص گرمایی چهار رزین سنتز شده در آزمایشگاه با دو رزین تجاری موجود، با تکیه بر داده‌های تجزیه TG و DSC در هوا، مقایسه و معلوم شد که رزین H-استیرز هم به لحاظ خواص فیزیکی ظاهری و هم مقاومت گرمایی بخوبی با رزینهای تجاری رقابت می‌کند. رزین کولون در گرمانگاشت TG خود تفاوت آشکاری با سایر رزینها نشان می‌دهد که علت آن، با توجه به طیف NMR، به وجود میزان قابل توجه پیوندهای سیر شده در آن مربوط می‌شود.

مطالعه خواص مکانیکی رزین استیرز ستر شده و رزین کولون در قالب چسب حلالی پایه الاستومری، با تکیه بر آزمونهای استحکام برشی و پوسنگی، نشان می‌دهد که برای تهیه چسبی با استحکام برشی و پوسنگی مناسب باید از هر دو لاستیک NR و SBR تواما استفاده کرد و همین‌طور برای اینکه چسب حلالی از چسبندگی زیادی برخوردار شود

فرمولبندی لاستیک NR و رزین کولون خیلی زیاد نیست.

مقادیر استحکام برشی، از نظر حداکثر بار و میزان جا به جایی در حداکثر بار، با فرمولبندیهای ساخته شده از لاستیک NR با رزین کولون و استیرز نسبت به فرمولبندیهای مشابه حاوی لاستیک SBR بیشتر است، در نتیجه برای ساختن چسبی که استحکام برشی زیادی داشته باشد می‌توان از لاستیک طبیعی استفاده کرد و در مقام مقایسه، رزین کولون نسبت به رزین استیرز به عنوان ماده چسبناک کننده مزایای بیشتری دارد. بنابراین، بیشترین استحکام برشی از مخلوط لاستیک NR و رزین کولون و کمترین استحکام برشی از مخلوط لاستیک SBR و رزین استیرز حاصل شده است.

### آزمون پوسنگی

با توجه به نتایج مندرج در جدول ۵، از بین سه فرمولبندی A، B و C، چسب حلالی مشکل از لاستیک SBR و رزین کولون با فرمولبندی A، بیشترین استحکام پوسنگی را دارد و این نشان می‌دهد که رزین کولون و لاستیک SBR با نسبت ۵/۰ بهترین انتخاب برای افزایش استحکام پوسنگی است.

چسب حلالی مشکل از لاستیک NR و رزین کولون دارای استحکام پوسنگی کمی است. مشاهدات نشان می‌دهد که در فرمولبندیهای شامل لاستیک SBR و NR با رزین کولون، مقدار پوسنگی بر حسب شکست همجسی (cohesive failure) کم است. این بررسیها بیانگر این نتیجه است که لاستیک SBR با رزین کولون در مقایسه با لاستیک NR و رزین کولون استحکام پوسنگی بیشتری دارد. چسب حلالی شامل لاستیک SBR و رزین استیرز در مقایسه با چسب حلالی مشکل از لاستیک NR و رزین استیرز از استحکام پوسنگی بیشتری برخوردار است، در اینجا نیز رزین استیرز و لاستیک SBR با نسبت ۵/۰ بهترین انتخاب برای افزایش خاصیت پوسنگی است.

از سوی دیگر، رفتار پوسنگی برای فرمولبندی چسب حلالی مشکل از لاستیک SBR و رزین استیرز بیشترین شکست همجسی را

3. Zohuriaan-Mehr M.J.; *J. Appl. Polym. Sci.*; Accepted.
4. ASTM D 1876: *Standard Test Method for Peel Resistance of Adhesive (T-Peel Test)*, **15.06**, 105, 1995.
5. ASTM D 1002: *Standard Test Method for Apparent Shear Strength of Single-Lap-Joint Adhesively Bonded Metal Specimen by Tension Loading*, **15.06**, 44, 1995.
6. ASTM D 2651: *Preparation of Metal Surfaces for Adhesive Bonding*, **15.06**, 159, 1995.
7. Shields J.; *Adhesives Handbook*; 3rd ed., Butterworths, London, 1985.
- ۸- ظهوریان مهر محمدجلال‌الدین، ربیعی احمد، رزینهای نفتی (گزارش مرحله ششم)، گروه چسب و رزین، پژوهشگاه پلیمر ایران، ۱۳۷۸.
9. Skiest I.; *Handbook of Adhesives*; Van Nostrand Reinhold, 1977.
10. Jarm V., Boydanic G., Alajbeg A. and Muhl J.; *Thermochimica Acta*; **170**, 35-40, 1990.

و پوسندگی بر حسب شکست همچسی آن کامل باشد لازم است که به ترتیب رزین کولون و استیرز را بکار برد. همچنین، یک فرمولبندی بهینه پیشنهادی می‌تواند مشتمل بر هر دو لاستیک SBR، NR و هر دو رزین کولون و استیرز باشد و در آن به عنوان مبنای نسبت‌های وزنی رزین کولون به لاستیک SBR برابر ۵/۰، رزین کولون به لاستیک NR برابر ۲ و رزین استیرز به مجموع دو لاستیک NR و SBR مساوی یا کمتر از عدد ۵/۰ باشد بطوری که استحکام پوسندگی و استحکام برشی به ترتیب به لاستیک SBR و لاستیک NR مربوط می‌شود. رزین کولون علت خاصیت چسبناکی و افزایش استحکام عمومی چسب و رزین استیرز علت بالا بردن خاصیت همچسی است.

## عراجع

1. Mildenberg R., Zander M. and Collin T.; *Hydrocarbon Resins*; VCH, Weinheim, 98, 1997.
2. Zohuriaan-Mehr M. J. and Omidian H.; *Macromol. Sci., Rev., Macromol. Chem. Phys.*; **C40**, 1, 23-49, 2000.