

بررسی و مقایسه شاخص نفوذ، حساسیت حرارتی، ویسکوزیته و پارامترهای عملکردی در قیرهای لاستیکی با فناوری پلیمریزاسیون (SPB) نسبت به قیرهای اصلاح شده با پودر لاستیک (CRMB) و قیرهای خالص

۱، مسعود علیزاده^۲، احمد گلی^۳، سعید پرویزی^۴، الهه بقائی مقدم

چکیده:

تغییر نحوه اختلاط پودر لاستیک با قیر، در نسل جدید قیرهای لاستیکی با فناوری پلیمریزاسیون (SPB) نسبت به روش های معمول که در تولید قیرهای اصلاح شده با پودر لاستیک (CRMB) بکار می رود، باعث بهبود بسیاری از پارامترهای کیفیتی از جمله شاخص نفوذ و حساسیت حرارتی، ویسکوزیته و پارامترهای عملکردی محصول گردیده که شناخت این مهم میتواند تاثیر زیادی در بکارگیری این محصول جدید در تولید انواع آسفالت با کاربری های متفاوت گردد. هدف از این تحقیق بررسی تغییرات شاخص نفوذ و حساسیت حرارتی، ویسکوزیته و پارامتر عملکردی $G^*/\sin\delta$ نسل جدید قیرهای لاستیکی (SPB) در طی فرایند پلیمریزاسیون و مقایسه آن با قیرهای اصلاح شده با پودر لاستیک (CRMB) میباشد.

کلمات کلیدی: قیر پودر لاستیکی، فناوری پلیمریزاسیون (SPB)، شاخص نفوذ، حساسیت حرارتی، ویسکوزیته، پارامتر عملکردی

۱. مقدمه:

امروزه دفع ضایعات لاستیکی یک چالش بزرگ زیست محیطی در جهان است. طبیعت غیرقابل تجزیه میلیون ها تن لاستیک خودرو که سالانه دور ریخته می شود منجر به آلودگی محیط زیست می شود. مطالعات عملکردی روسازی نشان می دهد که ساخت جاده با استفاده از ضایعات لاستیک مزایای اقتصادی و زیست محیطی قابل توجهی از جمله پاکسازی زباله های بزرگ موجود و کاهش استخراج منابع طبیعی موجود را به همراه دارد. علاوه بر این، اکسیداسیون سطح جاده را بهبود

۱- کارشناس ارشد شیمی، مدیر تحقیق و توسعه شرکت قیر زرین و مخترع فن آوری alizadeh@yahoo.com

۲- دکترای عمران، عضو هیات علمی دانشگاه اصفهان a.goli@trn.ui.ac.ir

۳- کارشناس ارشد راه و ترابری، مشاور قیرهای امولسیون و پلیمری saied.parvizi@gmail.com

۴- کارشناس مهندسی شیمی، مسئول آزمایشگاه شرکت قیر زرین hani.hima8890@gmail.com

پانزدهمین همایش ملی و نمایشگاه قیر، آسفالت و ماشین آلات

The 15th Bitumen, Asphalt & Machinery Conference & Exhibition

۹ الی ۱۱ آبان ماه ۱۴۰۲ - مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی

می بخشد، هزینه ساخت و ساز را کاهش می دهد و استحکام چسبندگی آسفالت را در برابر پیری طبیعی جاده ها بهبود می بخشد.

قیر لاستیکی CRMB در سرتاسر جهان برای بهبود ویژگی های چسبانندگی در روسازی های انعطاف پذیر استفاده شده است. مطالعات در سطح جهانی تایید کرده اند که افزودن خرده لاستیک به قیر باعث تولید بیندیهایی با مقاومت بهتر در برابر مشکلات روسازی مانند شیار شدن، ترک ناشی از خستگی، ترک حرارتی و غیره می شود. قابل توجه ترین جنبه قیر لاستیکی CRMB این است که نه تنها به مواد مهندسی برتر منجر می شود، بلکه محصولی سازگار با محیط زیست را نیز به ارمغان می آورد. قیر لاستیکی CRMB راه حلی برای مشکل دفع زباله های میلیون ها **حلقه** لاستیک ایجاد می کند که کوه های لاستیکی را در سراسر جهان تولید می کنند. افزودن لاستیک های ضایعاتی به جای پلیمرهای خالص گران تر، باعث صرفه جویی بیشتر در هزینه، مصرف انرژی کمتر و کاهش اثرات زیست محیطی می شود.

۱-۱ تاریخچه موضوع تحقیق:

اضافه کردن خرده لاستیک بازیافتی به مخلوط آسفالت به روش تر به اوایل دهه ۱۹۶۰ بر میگردد، جاییکه چالز مکدونالد بعنوان سرپرست مهندس مواد در شهر فینیکس ایالت اریزونا دریافت که پس از اختلاط خرده لاستیک با قیر در دمای بالا به مدت ۴۵ تا ۶۰ دقیقه، ماده ای ژله ای گونه جدیدی با ویسکوزیته بالاتر و چسبندگی بیشتر نسبت به قیر پایه اولیه حاصل میگردد [۹].

معایب استفاده از خرده لاستیک باعث گردیده افراد زیادی در کشورهای مختلف بر روی بهینه سازی افزودن این ماده به قیر کار کنند و مقالات زیادی در این زمینه نوشته شود. در کشور ما هم بر روی قیرهای پودر لاستیک مقالات زیادی تولید شده است. بطور مثال در سال ۱۳۸۷ نادر طباطبایی و همکاران در دانشگاه شریف گزارشی کامل با عنوان "بررسی فرایند افزودن پودر لاستیک بر قیر و تاثیر آن بر خواص و رده عملکردی قیر" به رشته تحریر در آوردند. مقدس نژاد، راهی و آقاجانی در سال ۱۳۹۳ در مقاله ای "بررسی رئولوژیکی اثرات پودر لاستیک بر خواص و عملکرد قیر" را بررسی کردند. همچنین در همین سال زاهدی، بهاروند و نوری در مقاله ای "بررسی آزمایشگاهی تاثیر درصدهای مختلف پودر لاستیک بر حساسیت حرارتی قیر خالص" را منتشر کردند. در سالهای اخیر هم محققان بیشتر بر روی افزودنی هایی که میتوانند اثر بخشی افزودن پودر لاستیک به قیر را افزایش دهد، مقالات متعددی منتشر کرده اند، که از آن جمله میتوان به مقاله بنفشه فرمانبردار و بابک فرمانبردار با عنوان "بهبود خواص قیر با استفاده از افزودنی های SBS، پودر لاستیک و ساسویت" سال ۱۴۰۱ ویا مقاله راهی، آقاجانی و منیعی با عنوان "اصلاح قیر با دو افزودنی پلیمر SBR و پودر لاستیک" سال ۱۳۹۸ اشاره کرد.

۲. معرفی نسل جدید قیر های لاستیکی با فناوری پلیمریزاسیون^۱ (SPB)

به دلیل مشکلات زیست محیطی لاستیکهای فرسوده، استفاده از پودر لاستیک بعنوان افزودنی پلیمری به قیر همیشه مورد استقبال اکثر کارشناسان و صاحب نظران صنعت قیر و راهسازی بوده است. پودر لاستیک بعنوان نوعی پلیمر الاستومری با خاصیت الاستیک بالا و حساسیت حرارتی کمتر نسبت به قیر، در صورتیکه بطور صحیح مورد استفاده قرار گیرد باعث بهبود خواص فیزیکی و رئولوژیکی قیر میشود. شرکت قیر زرین موفق به تولید نسل جدیدی از قیر لاستیکی گردیده است که در آن با واکنش شیمیایی و پلیمریزاسیون پودر لاستیک در قیر، باعث بهبود بسیاری از پارامترهای کیفیتی قیر لاستیکی SPB تولید

^۱ Self Polymerization Bitumen

پانزدهمین همایش ملی و نمایشگاه قیر، آسفالت و ماشین آلات

The 15th Bitumen, Asphalt & Machinery Conference & Exhibition

۹ الی ۱۱ آبان ماه ۱۴۰۲ - مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی

شده نسبت به قیرهای لاستیکی CRMB^۱ متداول شده است. علاوه بر مواردی که در این تحقیق به آن پرداخته میشود سایر مزایای قیر لاستیکی SPB عبارتند از:

-قابلیت پلیمریزه شدن قیر لاستیکی SPB که انجام این فرایند باعث تغییر رئولوژیکی قیر شده و آسفالت های تولید شده با این قیر استحکام و دوام بیشتری دارند ، همچنین بعد از تکمیل فرایند پلیمریزاسیون ، آسفالت حساسیت کمتری نسبت به تنش های حرارتی دارد.

-چسبندگی خوب قیر لاستیکی SPB به مصالح باعث شده است که این قیر در برابر حلال های شیمیایی و نفتی مقاوم تر باشد.

-در تولید قیر لاستیکی SPB امکان اختلاط حجم بیشتری از پودر لاستیک با قیر وجود دارد که خود صرفه اقتصادی استفاده از این روش را باعث میگردد.

۱-۲ روش تولید قیر لاستیکی SPB

روش تولید قیر لاستیکی SPB با روش تولید معمول قیرهای لاستیکی CRMB متفاوت است ، چونکه در این روش از تغییرات شیمیایی برای رسیدن به نتیجه بهتر کمک گرفته شده است. در این روش واکنشگر شیمیایی همراه با پودر لاستیک در دمای ۱۷۰ درجه سانتیگراد به قیر اضافه شده و بوسیله یک میکسر معمولی با دور حداکثر ۵۰rpm ، مخلوط میگردد. قیر لاستیکی SPB تولید شده تا زمانیکه به مصالح سنگی نرسیده است ، خواص یک قیر پلیمری معمولی با ویسکوزیته کم را از خود نشان میدهد اما به محض رسیدن به مصالح ، شبکه پلیمری پودر لاستیک و قیر شروع به شکل گیری میکنند که باعث ایجاد بهبود در آسفالت تولید شده میگردد. محقق برای آن که بتواند آنچه که قیر لاستیکی SPB پس از رسیدن به مصالح سنگی از خود نشان میدهد را شبیه سازی کند ، به محصول تولیدی ماده شیمیایی دیگری به نام شتابدهنده اضافه کرده و نتایج محصول نهایی را در ساعات مختلف افزایش ، رصد کرده است و بنا بر آزمایشات متعدد دریافته است که پس از ۶ ساعت ، شبکه پلیمری قیر و پودر لاستیک به ۸۰٪ ساختار حداکثر ممکن خود میرسد و تقریباً شرایط رسیدن قیر به مصالح شبیه سازی میگردد.

لذا در این تحقیق ما دو نمونه قیر لاستیکی SPB را با قیر لاستیکی CRMB و قیر پایه معمولی مقایسه میکنیم اولی قیر لاستیکی SPB تولید اولیه که با نام SPB Base آورده شده است و دومی قیر لاستیکی SPB که به آن شتابدهنده اضافه شده است و پس از ۶ ساعت مورد آزمایش قرار گرفته است که بنام SPB+ ۶H Accelerator ذکر گردیده است.

۳. مواد اولیه آزمایشات و روش ساخت نمونه ها

در این تحقیق، ۳ نوع قیر لاستیکی مورد مطالعه با استفاده از یک قیر پایه ثابت تولید شدند که مشخصات قیر پایه در جدول ۱ ذکر گردیده است. همچنین پودر لاستیک استفاده شده در این تحقیق ، پودر لاستیک شرکت زیست همیار وابسته به سازمان مدیریت پسماند شهرداری مشهد بوده است که مش بندی آن در آزمایشگاه بنا به نوع قیر لاستیکی ساخته شده تعیین گردید.

^۱ Crumb Rubber Modified Bitumen

پانزدهمین همایش ملی و نمایشگاه قیر، آسفالت و ماشین آلات

The 15th Bitumen, Asphalt & Machinery Conference & Exhibition

۹ الی ۱۱ آبان ماه ۱۴۰۲ - مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی

نمونه های ساخته شده جهت آزمایشات نهایی ، همگی در آزمایشگاه مجهز شرکت قیر زرین ساخته شدند. نحوه ساخت هر ۳ نمونه که با یکدیگر مقایسه گردیدند در جدول ۲ ذکر گردیده است. شایان ذکر است که پودر لاستیک مصرفی برای تولید قیر لاستیکی SPB در اشل صنعتی، مخلوطی از پودر لاستیک با سایز حدود ۴۰ میکرون تا سایز ۱۲۰۰ میکرون میباشد.

جدول ۱ مشخصات قیر ۶۰-۷۰ پایه

تعداد صفحه: ۱۹	گزارش نتایج آزمون	 شرکت فن آوری پالایش قیر زرین
-------------------	--------------------------	---

گزارش نتایج آزمون قیر خالص		۸۵-۱۰۰		۶۰-۷۰		۴۰-۵۰		نتیجه آزمون
ردیف	ویژگی / شرح آزمون	واحد اندازه گیری	استاندارد		حد استاندارد			
			INSO		حداقل	حداکثر		
۱	درجه نفوذ در ۲۵ درجه سانتیگراد (۱۰۰ گرم در ۵ ثانیه)	دهم میلیمتر	۲۹۵۰	۶۰	۷۰	۶۴/۵		
۲	نقطه نرمی	درجه سانتیگراد	۳۸۶۸	۴۶	---	۴۸/۸		
۳	مقدار کشش (خاصیت انکمی) در ۲۵ درجه سانتیگراد	سانتیمتر	۳۸۶۶	۱۰۰	---	+۱۵۰		
۴	حلالیت تری کلروراتیلن (تترا کلرور کربن)	درصد	۲۹۵۳	۹۹/۰	---	۹۹/۸		
۵	درجه اشتعال (رو باز کلوند)	درجه سانتیگراد	۱۱۷۵	۲۳۰	---	۳۲۰		
۶	لعب نازک قیر (۱۶۳ درجه سانتیگراد-پنج ساعت) درصد افت جرم	درصد	۲۹۵۷	---	۰/۸	۰/۳		
۷	درجه نفوذ بعد از آزمایش لعب نازک (۱۰۰ گرم در ۵ ثانیه)	دهم میلیمتر	---	---	---	-		
۸	نسبت درجه نفوذ بعد از آزمایش لعب نازک به درجه نفوذ اولیه	درصد	۲۹۵۰	۵۲	---	۶۱		
۹	مقدار کشش بعد از آزمایش لعب نازک قیر در ۲۵ درجه سانتیگراد	سانتیمتر	۳۸۶۶	۵۰	---	۱۲۰		
۱۰	حساسیت حرارتی قیر PI		---	---	---	۰/۹		

جدول ۲ مشخصات روش تولید نمونه های آزمایشگاهی

	شرایط ساخت	قیر لاستیکی CRMB	قیر لاستیکی SPB	قیر لاستیکی SPB با شتاب دهنده
۱	دمای اختلاط °C	۱۷۰	۱۷۰	۱۷۰
۲	زمان اختلاط min	۸۰	۱۸۰	۱۸۰
۳	سرعت اختلاط RPM	۷۰۰	۵۰	۵۰
۴	دانه بندی پودر لاستیک	رد شده از الک ۴۰	رد شده از الک ۱۶۰۰٪ روی الک ۳۰ ۱۶.۵٪	رد شده از الک ۱۶۰۰٪ روی الک ۳۰ ۱۶.۵٪

پانزدهمین همایش ملی و نمایشگاه قیر، آسفالت و ماشین آلات

The 15th Bitumen, Asphalt & Machinery Conference & Exhibition

۹ الی ۱۱ آبان ماه ۱۴۰۲ - مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی

			روی الک ۵۰٪ ۴۷.۷	روی الک ۵۰٪ ۴۷.۷
			زیر الک ۵۰٪ ۳۵.۸	زیر الک ۵۰٪ ۳۵.۸
۵	درصد پودر لاستیک %	۱۵	۲۰	۲۰
۶	زمان عمل آوری hr	-	-	۶

۴. تشریح آزمایشات و نتایج آنها

به منظور بررسی دقیقتر میزان کارایی و اثر بخشی محصول تولیدی، سعی گردید در این تحقیق از روشهای ارزشیابی قیرها در زمانهای دورتر و نیز روشهای جدید ارزشیابی قیر که هم اکنون در دسترس آزمایشگاههای قیر است، استفاده گردد و نمونه قیر لاستیکی تولیدی با فن آوری جدید پلیمریزاسیون (SPB) با قیر لاستیکی ساخته شده با روشهای متداول کنونی (CRMB) مقایسه گردد. لذا تصمیم بر آن گردید آزمایشات درجه نفوذ در دمای ۲۵ درجه سانتیگراد، نقطه نرمی، ویسکوزیته چرخشی در دو دمای ۱۳۵ و ۱۷۵ درجه سانتیگراد و آزمون DSR برای قیر اولیه و سپس قیر پیرشده در RTFOT بر روی نمونه ها بانجام برسد و نتایج آنها تحلیل گردد. درجه نفوذ و یا ویسکوزیته قیر صرفنظر از نوع و کیفیت و خواص فیزیکی شیمیایی منابع نفت خام و فرایندهای متنوع پالایش، با کاهش و یا افزایش درجه حرارت نیز تغییر میکند. در دمای بالا قیر رفتار یک سیال نیوتنی را از خود به نمایش میگذارد ولی با کاهش درجه حرارت قیر رفتار کشسان و یا الاستیک و در صورت کاهش بیشتر دما رفتار شکننده از خود نشان میدهد. [۷] بطور کلی تغییرات خواص فیزیکی قیر مانند ویسکوزیته و درجه نفوذ با دما، حساسیت حرارتی قیر نامیده میشود، که برای قیرهای مختلف متفاوت است. هر چه حساسیت قیر کمتر باشد کیفیت قیر برای راهسازی بالاتر است. آسفالتهای ساخته شده با قیرهایی با حساسیت بالا، نه تنها کیفیت را بشدت کاهش میدهد بلکه مشکلات زیادی را ایجاد میکنند که از آن جمله، دیرگیر بودن قیر و در نتیجه ایجاد تاخیر در غلتک زنی، جاری شدن قیر از آسفالت در دمای بالای تولید آسفالت، تمایل شدید به قیر زدگی، تمایل زیاد به بروز ترکهای عرضی و انقباضی در زمستان و چندین عیب دیگر که همگی کاهش کیفیت آسفالت ساخته شده را بدنبال دارد.

حساسیت حرارتی قیر را میتوان از طریق شاخص نفوذ PI و یا عدد درجه نفوذ-ویسکوزیته PVN و یا عدد دما-ویسکوزیته VTS تعیین نمود.

۴-۱ شاخص نفوذ PI و حساسیت حرارتی A

یکی از بهترین معادله هایی که برای شاخص نفوذ PI ارائه شده توسط Pfeiffer و Van Doormaal بیان شده است، که با اندازه گیری دو درجه نفوذ در دو دمای متفاوت میتواند بصورت زیر محاسبه گردد:

$$۱) PI = (20 - (1 - 25A)) / (1 + 50A)$$

$$۲) A = (\log Pen at T_1 - \log Pen at T_2) / (T_1 - T_2)$$

پانزدهمین همایش ملی و نمایشگاه قیر، آسفالت و ماشین آلات

The 15th Bitumen, Asphalt & Machinery Conference & Exhibition

۹ الی ۱۱ آبان ماه ۱۴۰۲ - مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی

A حساسیت حرارتی قیر است که بین ۰.۰۰۱۵ تا ۰.۰۰۶ تغییر میکند که نشان دهنده اختلاف قابل توجه در میزان حساسیت قیرهاست. همچنین مقدار شاخص نفوذ از حدود ۳- برای قیرهای بشدت حساس تا حدود ۷+ برای قیرهای بسیار دمیده با

بسیار کم
و Pfeiffer

	Softening Point	Penetration@۲۵°C	A	PI
	°C	dmm, ۱۰۰g, ۵S	Pen ^{۲۵} , Soft.	
۶۰ - ۷۰	۴۸.۸	۶۴.۵	۰.۰۴۶	-۰.۹۰
CRMB	۶۲.۲	۳۴.۳	۰.۰۳۷	۰.۵۷
SPB Base	۶۰.۲	۴۳.۸	۰.۰۳۶	۰.۷۴
SPB+ ۶H Accelerator	۶۲.۸	۲۷.۰	۰.۰۳۹	۰.۱۸

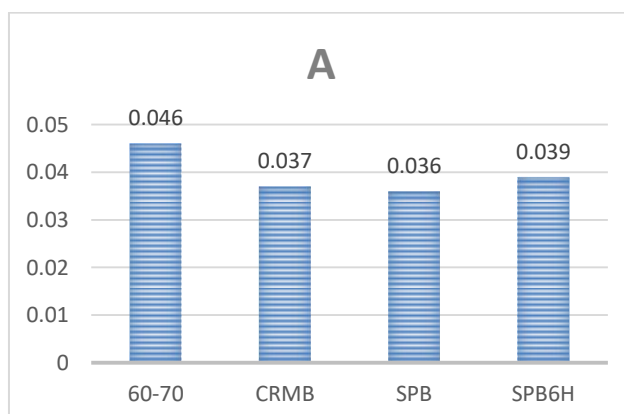
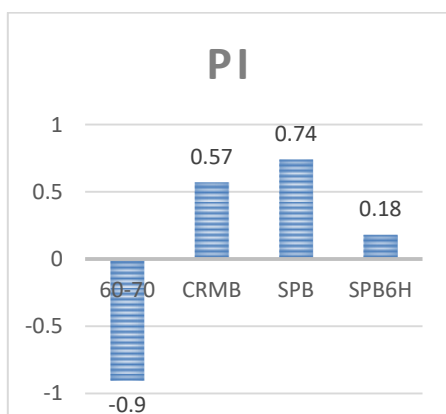
حساسیت
متغیر است.
Van

Doormaal همچنین دریافتند که بیشتر قیرها در دمای نقطه نرمی، درجه نفوذی برابر ۸۰۰ dmm دارند لذا با این وصف میتوان شاخص نفوذ را با داشتن درجه نفوذ و نقطه نرمی یک قیر بصورت زیر محاسبه کرد [۷]:

$$۳) A = (\log \text{Pen} - \log ۸۰۰) / (T - \text{Softening Point})$$

نتایج بدست آمده از آزمایشات که در فرمولهای ۱ و ۳ گذاشته شده، در جدول ۳ و مقایسه آنها در نمودار ۱ ارائه گردیده است.

جدول ۳ نتایج شاخص نفوذ PI و حساسیت حرارتی A



نمودار ۱ نتایج شاخص نفوذ PI و حساسیت حرارتی A

پانزدهمین همایش ملی و نمایشگاه قیر، آسفالت و ماشین آلات

The 15th Bitumen, Asphalt & Machinery Conference & Exhibition

۹ الی ۱۱ آبان ماه ۱۴۰۲ - مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی

عدد

۴-۲

نفوذ

درجه

	RV _{۱۳۵}	Penetration@ _{۲۵} °C	PVN
	۳۰rpm, Sp. ۲۱, Cp	dmm, ۱۰۰g, ۵S	
۶۰ - ۷۰	۳۶۷	۶۴.۵	۴۱.۰۶
CRMB	۱۶۵۰	۳۴.۳	۵۱.۳۶
SPB Base	۲۴۴۷	۴۳.۸	۵۵.۴۸
SPB+ ۱H Accelerator	۱۸۸۴	۲۷.۰	۵۱.۶۴

ویسکوزیته PVN

عدد درجه نفوذ ویسکوزیته براساس درجه نفوذ در ۲۵°C و ویسکوزیته در ۱۳۵°C از طریق فرمول زیر محاسبه میگردد [۷]:

$$\Delta) PVN = -1.5((\log L - \log X)/(\log L - \log M))$$

$$L = 4.2580000.79670 \log Pen$$

$$M = 3.4628900.61094 \log Pen$$

$$X = \text{Viscosity at } 135^{\circ}\text{C}$$

هر چه میزان PVN قیری کمتر باشد ، حساسیت حرارتی اش بیشتر خواهد بود. نتایج بدست آمده از آزمایشات در فرمول ۵ گذاشته شده و نتایج بدست آمده در جدول ۴ ومقایسه آنها در نمودار ۲ ارائه گردیده است.

جدول ۴ نتایج عدد درجه نفوذ ویسکوزیته PVN

پانزدهمین همایش ملی و نمایشگاه قیر، آسفالت و ماشین آلات

The 15th Bitumen, Asphalt & Machinery Conference & Exhibition

۹ الی ۱۱ آبان ماه ۱۴۰۲ - مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی

	RV۱۳۰	RV۱۷۰	VTS
	۳۰rpm, Sp.۲۱, Poise	۱۰۰rpm, Sp.۲۱, Poise	
۶۰ - ۷۰	۳.۶۷	۱.۲۳	۴۱.۰۶
CRMB	۱۶.۵۰	۶.۹۵	۵۱.۳۶
SPB Base	۲۴.۴۷	۱۰.۶	۵۵.۴۸
SPB+ ۱H Accelerator	۱۸.۸۴	۹.۸۱	۵۱.۶۴

نمودار ۲ نتایج عدد درجه نفوذ ویسکوزیته PVN

۳-۴ حساسیت دما ویسکوزیته VTS

حساسیت دما ویسکوزیته براساس ویسکوزیته قیر در دو دمای مختلف از فرمول زیر بدست میاید [۷]:

$$۶) VTS = (\log \log \eta_2 - \log \log \eta_1) / (\log T_1 - \log T_2)$$

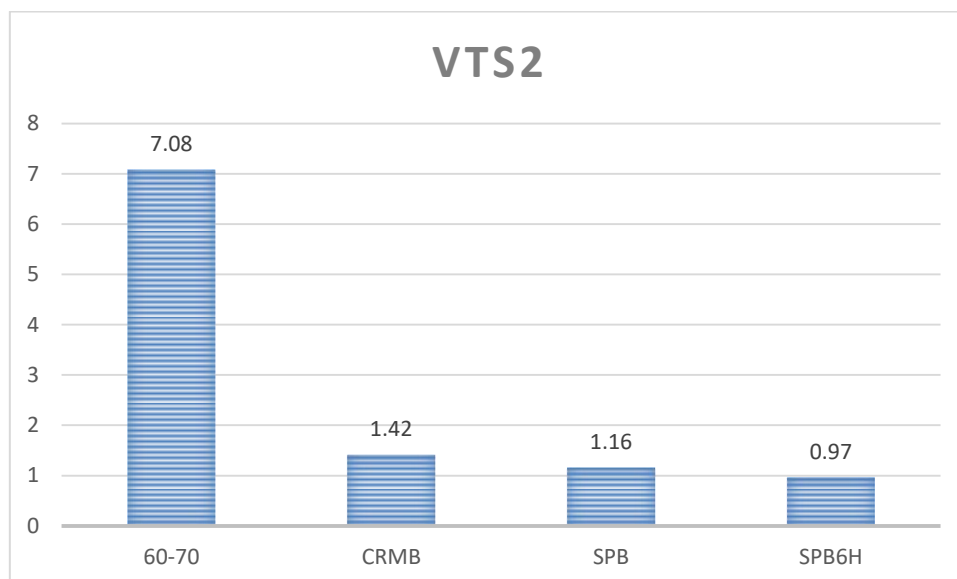
که در آن η_1 و η_2 ویسکوزیته قیر در دماهای T_1 و T_2 بر حسب Poise میباشد. دماها بر حسب $^{\circ}C$ است. هر چه حساسیت دما ویسکوزیته VTS بزرگتر باشد، حساسیت حرارتی هم بیشتر است. نتایج بدست آمده از آزمایشات در فرمول ۶ گذاشته شده و نتایج بدست آمده در جدول ۵ و مقایسه آنها در نمودار ۳ ارائه گردیده است.

جدول ۵ نتایج عدد درجه نفوذ ویسکوزیته PVN

پانزدهمین همایش ملی و نمایشگاه قیر، آسفالت و ماشین آلات

The 15th Bitumen, Asphalt & Machinery Conference & Exhibition

۹ الی ۱۱ آبان ماه ۱۴۰۲ - مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی



نمودار ۳ نتایج عدد درجه نفوذ ویسکوزیته PVN

۴-۴ تعیین پارامتر عملکردی $G^*/\sin\delta$ در DSR

شیارشدهگی بعنوان تجمعی از تغییر شکلهای دائمی در هر یک از لایه های روسازی تحت بارگذاری مکرر میباشد [۳]. قیر با G^* بالاتر پایداری بهتری در برابر شیار شدگی دارد. همچنین اگر قیر در دمای بالا الاستیک تر باشد پایداری آن در برابر شیار شدگی بیشتر میشود [۴]. δ نشان دهنده نسبت بین تغییر شکلهای بازگشت پذیر و بازگشت ناپذیر است [۶]. اگر δ نزدیک به صفر باشد رفتار الاستیک تر و اگر نزدیک به ۹۰ درجه باشد از خاصیت ویسکوز بیشتری برخوردار است. لذا پارامتر عملکردی $G^*/\sin\delta$ بعنوان شاخص سفتی در دمای بالا برای ارزیابی مقاومت در برابر شیار شدگی هردو قیر لاستیکی و اصلاح نشده مشخص شده است [۵].

در دستگاه رئومتر برش دینامیکی DSR با اندازه گیری G^* و δ میتوان رفتار قیر را در مواد آسفالتی در شرایط مختلف اندازه گیری کرد و تاثیر دما، زمان بارگذاری و میزان بارگذاری را با دقت بالایی مورد بررسی قرار داد [۸]. برای قیرهای معمولی، جهت آزمایش در دمای بالا از نمونه استوانه ای با قطر ۲۵ میلیمتر و ارتفاع ۱ میلیمتر استفاده میشود [۲]. اما در مورد قیرهای لاستیکی چون احتمال وجود ذرات لاستیک در نمونه وجود دارد توصیه میگردد از نمونه با قطر ۲۵ میلیمتر و ارتفاع ۲ میلیمتر استفاده شود. بر همین اساس در این تحقیق برای تست تمامی نمونه های قیر لاستیکی از نمونه با قطر ۲۵ میلیمتر و ارتفاع ۲ میلیمتر استفاده شده است.

در این آزمایش بارگذاری های متناوب یا بصورت تنش کنترل شده و یا کرنش کنترل شده انجام میشود. δ میزان تاخیر فاز پاسخ قیر به تنش اعمالی است که برای مواد الاستیک برابر صفر و برای مواد ویسکوز برابر ۹۰ درجه است. این شاخص برای

پانزدهمین همایش ملی و نمایشگاه قیر، آسفالت و ماشین آلات

The 15th Bitumen, Asphalt & Machinery Conference & Exhibition

۹ الی ۱۱ آبان ماه ۱۴۰۲ - مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی

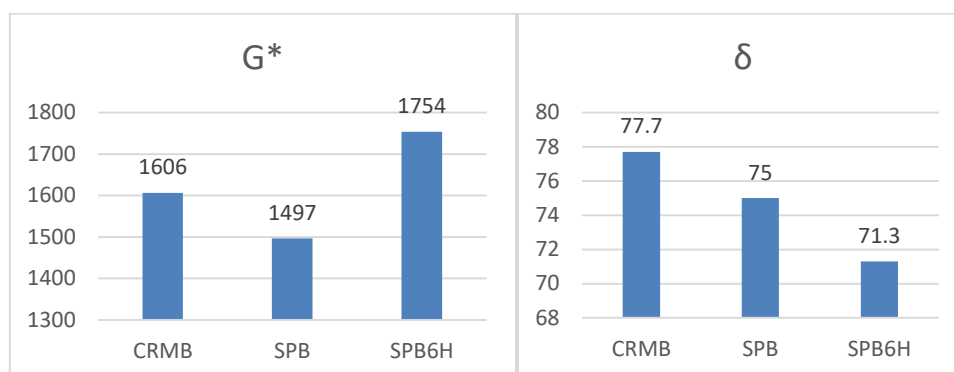
مواد ویسکو الاستیک بین ۹۰ و ۹۰۰ میباشند و نشان میدهد که رفتار ماده مورد مطالعه در شرایط آزمایش تا چه میزان کشسان یا ویسکوز است [۱]. پارامتر مهم دیگر در این آزمایش مدول برش دینامیکی G^* که طبق تعریف برابر است با نسبت حداکثر تنش اعمالی به حداکثر کرنش. این پارامتر بیانگر مدول سختی قیر است. در روش دسته بندی قیرها براساس عملکرد، با استفاده از پارامتر $G^*/\sin\delta$ شاخص شیارشدگی در دمای بالای قیر تحلیل میگردد. نتایج بدست آمده از نمونه های ساخته شده در جدول ۶ و مقایسه آنها در نمودارهای ۴ و ۵ ارائه گردیده است.

تعیین پارامترهای

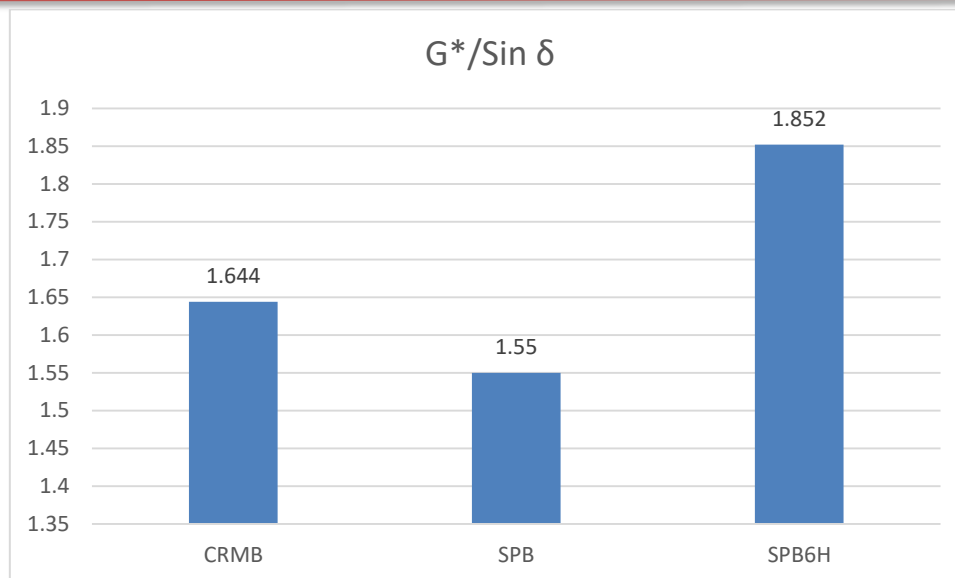
جدول ۶ نتایج

عملکردی در DSR

	DSR ORG (7mm)				
	T	G^*	δ	$G^*/\sin\delta$	Fail Temp.
	°C	Pa		KPa	°C
۶۰-۷۰ (7mm)	۵۸	۱۹۱۸	۸۲.۸	۱.۹۳۴	۶۲.۹
CRMB	۷۶	۱۶۰۶	۷۷.۷	۱.۶۴۴	۸۰.۶
SPB	۷۶	۱۴۹۷	۷۵.۰	۱.۵۵۰	۸۰.۶
SPB 6H Accelerator	۷۶	۱۷۵۴	۷۱.۳	۱.۸۵۲	۸۲.۱



نمودار ۴ نتایج تعیین پارامترهای عملکردی در DSR



نمودار ۵ نتایج تعیین پارامترهای عملکردی در DSR

۴-۵ تحلیل نتایج آزمایشات

نتایج آزمایشات در قسمت شاخص نفوذ PI و حساسیت حرارتی A ، قیر لاستیکی SPB بهترین نتیجه را داده است. به نظر می‌رسد قیر لاستیکی SPB همراه با شتابدهنده بدلیل پلیمریزه شدن این قیر پس از رسیدن به مصالح کمی در زمینه این دوشاخه افت میکند اما کماکان اثرات بهبود در آن کاملاً مشهود است. از نتایج آزمایشات در قسمت عدد درجه نفوذ ویسکوزیته PVN بازهم مشاهده می‌گردد، قیر لاستیکی SPB بهترین نتیجه را داده است. از نتایج آزمایشات در قسمت حساسیت دما ویسکوزیته VTS مشاهده می‌گردد، قیر لاستیکی SPB اینبار هم بهترین نتیجه را داده است همچنین در این قسمت قیر لاستیکی SPB همراه با شتابدهنده هم نتیجه خوبی دارد که نشان دهنده اثرات بهبود در حوزه ویسکوزیته می‌باشد. اما چالشی ترین قسمت نتایج مربوط به نتایج آزمایشات تعیین پارامتر عملکردی $G^*/\sin \delta$ در DSR می‌باشد. تعیین هر سه پارامتر G^* ، δ و $G^*/\sin \delta$ بهترین نتیجه مربوط به قیر لاستیکی SPB با شتابدهنده است که این فرضیه نویسنده را تایید میکند: "محصول تولیدی نه تنها خاصیت الاستیکی بهتری دارد بلکه خاصیت مقاومت در برابر شیار شدگی در دمای بالای ایده ال تری نسبت به سایر قیرهای لاستیکی CRMB ایجاد مینماید". در قسمت پارامتر G^* و $G^*/\sin \delta$ قیر لاستیکی SPB پایه دارای بهبود کمتری می‌باشد که این مورد هم گویای این مطلب است محصول تولیدی قبل وبعد از رسیدن به مصالح دارای شرایط متفاوتی است و در هر زمان بنا به مقتضای زمانی که قیر باید در آن قرار گیرد دارای بهترین حالت است.

۵. نتیجه گیری

نتیجه گیری از این تحقیق نشانگر این موضوع است که برتری قیر لاستیکی با فناوری پلیمریزاسیون (SPB) نسبت به سایر قیرهای لاستیکی (CRMB) به این خاطر است که، محقق توانسته است با دو مرحله ای کردن فرایند بهبود قیر از طریق واکنش شیمیایی نه تنها معضلات استفاده از قیرهای لاستیکی را کاهش دهد بلکه بهبود بهتری هم به خواص آسفالت تهیه شده از این محصول بدهد. آزمایشات کلیدی مطرح شده در این تحقیق شامل شاخص نفوذ و حساسیت حرارتی، ویسکوزیته و پارامترهای عملکردی میتواند برتری یک محصول قیر پلیمری را در حوزه قیر مورد سنجش قرار دهد. در حوزه عملکرد این محصول در آسفالت و همچنین بازخورد استفاده از آن در پروژه های راهسازی هم مطالب زیادی قابل عرضه است که در مقالات آتی خدمت جامعه فرهیخته حوزه راهسازی تقدیم خواهد گردید.

نتایجی که در این تحقیق، محقق گردید عبارت است از:

۱- قیر لاستیکی SPB باعث افزایش شاخص نفوذ PI قیر حتی بعد از تکمیل فرایند پلیمریزاسیون میشود که خود سبب کاهش حساسیت حرارتی محصول، نسبت به قیرهای لاستیکی CRMB میگردد.

۲- کاهش ویسکوزیته قیر لاستیکی SPB نسبت به قیرهای CRMB متداول و همچنین حساسیت حرارتی وابسته به پارامتر ویسکوزیته قیر، باعث انتقال راحت تر این محصول در لوله ها می شود و نیز امکان اختلاط قیر با مصالح سنگی راحت تر میگردد.

۳- بهبود پارامتر عملکردی $G^*/\sin\delta$ برای قیر لاستیکی SPB، باعث بهبود مقاومت آسفالت ساخته شده در برابر شیارشدگی در دمای بالا نسبت به قیرهای CRMB متداول میگردد.

۴- قابلیت پلیمریزه شدن قیر لاستیکی SPB پس از تماس با مصالح که انجام این فرایند باعث تغییر رئولوژیکی قیر شده (افزایش G^*) و آسفالت های تولید شده با این قیر استحکام و دوام بیشتری دارند.

۵- نشان داده شد با کاهش δ خصوصیات الاستیک قیر در قیر لاستیکی SPB افزایش و در نتیجه آسفالت تولیدی قابلیت برگشت پذیری به شکل اولیه بیشتری از خود نشان میدهد.

۶- بعد از تکمیل فرایند پلیمریزاسیون، آسفالت حساسیت کمتری نسبت به تنش های حرارتی دارد.

۷- چسبندگی خوب قیر لاستیکی SPB به مصالح باعث شده است که این قیر در برابر حلال های شیمیایی و نفتی مقاوم تر باشد.

۶. فهرست منابع و مآخذ

- ۱- Motamed, A., Bhasin, A., and Liechti, K. M. Constitutive modeling of the nonlinear viscoelastic response in asphalt
- ۲- Motamed, A., and Bahia, H. U. Influence of Test Geometry, Temperature, Stress Level, and Loading Duration on Binder Properties Measured Using DSR. *Journal of Materials in Civil Engineering (ASCE)*, Vol. ۲۳ (۱۰), ۲۰۱۱, pp. ۱۴۲۲-۱۴۳۲..
- ۳- Tayfur, S. Ozen, H. and Aksoy, A. (۲۰۰۷), "Investigation of Rutting Performance of Asphalt Mixtures Containing Polymer Modifiers", ۲۱, ۳۲۸-۳۳۷.
- ۴- Bennert, T. Maher, A. and Smith, J. (۲۰۰۴), "Evaluation of Crumb Rubber in Hot Mix Asphalt", U.S.D.O.T, Research and Special Programs, ۱, ۳۳۵-۳۴۰.
- ۵- Wong, W.G. Han, H. He, G. Wang, K. and Lu, W. (۲۰۰۴), "Rutting Response of Hot Mix Asphalt to Generalized Dynamic Shear Moduli of Asphalt Binder", *Construction and Building Materials*, ۱۸, ۳۹۹-۴۰۸.
- ۶- Uddin, W. (۲۰۰۳), "Viscoelastic Characterization of Polymer Modified Asphalt Binders of Pavement Applications", *Applied Rheology*, ۱۳, ۱۹۱-۱۹۹.
- ۷- شرکت نفت پاسارگاد، کارشناسان ارشد شرکت نفت پاسارگاد، "قیر و آسفالت پاسارگاد"، واحد انتشارات نفت پاسارگاد، ۱۳۹۰
- ۸- آرش معتمد، سعید پرویزی، امیرتقی خانی، "ساخت و نگهداری راه با قیرهای امولسیون و کنترل کیفیتهای لازم"، انتشارات علمی دانشگاه صنعتی شریف، ۱۴۰۰
- ۹- سید محمدضیا علوی، خشایار صادقی، "اصلاح کننده های لاستیکی و پلیمری قیر و مخلوط آسفالتی"، انتشارات سازمان جهاد دانشگاهی تهران، ۱۴۰۱