۹۲۲.۸

دانشگاه شهید باهنر کرمان

دانشکده فنی و مهندسی

بخش مهندسی شیمی

پایان نامه تحصیلی جهت دریافت درجه کارشناسی ارشد مهندسی شیمی

اصلاح خواص قیر توسط پودر لاستیک و دیگر افزودنی ها

۱۳۸۷ /۲/ ۲۱

استاد راهنما :

دکتر امیر صرافی

استاد مشاور :

مهندس مجید طهمورسی

مولف:

یاسر حمیدی

دی ماه ۸۶

۹۳۳۰۵

دانشگاه شهید باهنر کرمان

این پایان نامه به عنوان یکی از شرایط احراز درجه کارشناسی ارشد به

گروه : مهندسی شیمی

دانشکده : فنی و مهندسی

دانشگاه شهید باهنر کرمان

تسلیم شده است و هیچگونه مدرکی به عنوان فراغت از تحصیل دوره مزبور شناخته نمی شود.

دانشجو: یاسر حمیدی

استاد راهنما : دکتر امیر صرافی

۱۳۸۷ /۲/ ۲۱

استاد مشاور: مهندس مجید طهمورسی

داور۱ : دکتر مرتضی زند رحیمی

داور۲: دکتر علی مرادی

معاونت پژوهشی و تحصیلات تکمیلی یا نماینده تحصیلات تکمیلی دانشکده: دکتر عطاالله سلطانی

حق چاپ محفوظ ومخصوص به دانشگاه است

تقدیم به:

عزیزترین و بهترین

و تقدیم به:

پدر عزیز و مادر دلسوزم

تقدیر و تشکر

بدینوسیله از تمامی معلمین و اساتید خود که مرا در امر تحصیل یاری نموده اند، کمال تشکر را دارم. از جناب آقای **دکتر صرافی و مهندس طهمورسی** که در انجام پایان نامه مشوق و راهنمایی مرا به بهترین صورت انجام داده اند، قدردانی ویژه ای می کنم.

چکیده :

یکی از مواد زائد تولیدی بدست بشر تایرهای فرسوده اند. این مواد براحتی تجزیه نمی شوند، و حجم زیادی را اشغال می کنند. اما راههای مختلفی برای استفاده مجدد آنها وجود دارد. یکی از این راهها استفاده در راهسازی می باشد. در این تحقیق بررسی جامعی بر روی استفاده از پودر لاستیک فرسوده بصورت مادهٔ افزودنی به قیر انجام گرفته است. بر اساس مطالعات انجام شده یک دستگاه اختلاط با قابلیت کنترل دما طراحی و ساخته شد. به کمک این دستگاه تمامی آزمایشهای مخلوط کردن قیر و اصلاح کننده ها انجام شده است. در این آزمایشها تاثیر پودر لاستیک و دیگر اصلاح کننده ها و نیز دما و زمان اختلاط بررسی شده است. آزمایشهای مورفولوژی، درجه نفوذ و نقطه نرمی بر روی نمونه های تولید شده جهت بررسی کیفیت قیر انجام گرفته است. قیر حاوی ٪۱۶ پودر لاستیک در دما و زمان اختلاط $^{\circ}C$ ۱۸۰ و ۷۵ دقیقه بهترین خواص را از خود نشان داده است. تاثیر افزودن مواد دیگری مانند پلی اتیلن، کربنات کلسیم رسوبی، بنتونیت و باطلهٔ ذغال سنگ به قیر که باعث بهبود خواص قیر لاستیکی می شود، نیز مورد بررسی قرار گرفته است. رفتار این افزودنی ها به طور جداگانه در درصدهای وزنی مختلف برروی قیر لاستیکی بررسی شده است. افزودن ٪۴/۵ پلی اتیلن، ٪۶ کربنات کلسیم رسوبی ، ٪۶ بنتونیت و یا ٪۱/۵ باطله ذغال سنگ بهترین میزان این افزودنی ها در بهبود رفتار قیر لاستیکی می باشد.

فهرست مطالب

عنوان **صفحه**

فصل اول : مقدمه

۱-۱- استفاده مجدد از لاستیکهای فرسوده ۲

۱-۲- اصلاح خواص قیر توسط لاستیکهای فرسوده ۴

فصل دوم : مروری برتحقیقات انجام شده

۲-۱- قیر ۷

۲-۲- قیرهای اصلاح شده ۸

۲-۲- ۱- اصلاحات شیمیایی ۹

۲-۲- ۲- اصلاحات فیزیکی ۹

۲-۳- قیرهای اصلاح شده پلیمری ۱۱

۲-۴- قیرهای اصلاح شده توسط لاستیکهای فرسوده ۱۶

۲-۴-۱- پودر لاستیک و روش‌های تولید آن ۱۶

۲-۴-۲- مزایای استفاده از قیر لاستیکی ۱۶

۲-۴-۳- مشکلات موجود در استفاده از قیر لاستیکی ۲۰

فصل سوم: روش تحقیق

۳-۱- مقدمه ۲۷

۳-۲- مواد و وسایل مورد استفاده ۲۷

۳-۳- دستگاه اختلاط ۳۰

۳-۳-۱- بخش مکانیکی دستگاه ۳۱

۳-۳-۲- بخش الکتریکی ۳۲

۳-۴- ارزیابی نمونه های تولید شده ۳۲

فصل چهارم : ارائه نتایج و بحث

۴- ارائه نتایج و بحث ۳۵

۴-۱- تاثیر مقادیر مختلف پودر لاستیک ۳۵

۴-۲- تاثیر دمای اختلاط ۴۳

۴-۳- تاثیر زمان اختلاط ۴۸

۴-۴- تاثیر افزودن پلی اتیلن بر قیر لاستیکی ۵۴

۴-۵- تاثیر افزودن کربنات کلسیم رسوبی بر قیر لاستیکی ۵۷

۴-۶- تاثیر افزودن بنتونیت به قیر لاستیکی ۶۰

۴-۷- اثر مقادیر مختلف باطله ذغال سنگ بر قیر لاستیکی ۶۴

فصل پنجم : نتیجه گیری و پیشنهادات

۵-۱- نتیجه گیری ۷۱

۵-۲-پیشنهادات ۷۳

مراجع ۷۵

فهرست شکلها

عنوان **صفحه**

شکل ۲-۱- مقایسه هزینه های نگهداری آسفالت معمولی و آسفالت اصلاح شده ۱۷

شکل ۲-۲- مقایسه تخریب آسفالت معمولی و آسفالت اصلاح شده ۱۸

شکل ۲-۳- میزان مصرف سالیانه آسفالت تهیه شده با قیر لاستیکی ۲۰

شکل ۲-۴- قیمت متوسط قیر لاستیکی مایع طی سالهای ۱۹۸۵ تا ۱۹۹۸ ۲۰

شکل ۳-۱- سیستم گرمایشی و نوع پره دستگاه اختلاط ۳۱

شکل ۳-۲- دستگاه اختلاط قیر و مواد افزودنی ۳۲

شکل ۴-۱- الف) قیر حاوی ٪۳ پودر لاستیک که در آن واکنش کامل نشده ب) قیر حاوی ٪۳
پودر لاستیک که در آن واکنش کامل شده ۳۶

شکل ۴-۲- الف) قیر حاوی ٪۳ پودر لاستیک ب) قیر حاوی ٪۷ پودر لاستیک ۳۶

شکل ۴-۳- الف) قیر حاوی ٪۱۰ پودر لاستیک ب) قیر حاوی ٪۱۳ پودر لاستیک ۳۷

شکل ۴-۴- الف) قیر حاوی ٪۱۶ پودر لاستیک ب) قیر حاوی ٪۱۹ پودر لاستیک ۳۷

شکل ۴-۵- الف) قیر حاوی ٪۲۲ پودر لاستیک ب) قیر حاوی ٪۲۵ پودر لاستیک ۳۷

شکل ۴-۶- قیر حاوی ٪۲۸ پودر لاستیک ۳۸

شکل ۴-۷- الف) قیر لاستیکی در دمای اختلاط ۱۶۰°C ب) قیر لاستیکی در دمای اختلاط
۱۷۰°C ۴۴

شکل ۴-۸- الف) قیر لاستیکی در دمای اختلاط ۱۸۰°C ب) قیر لاستیکی در دمای اختلاط ۱۹۰°C ۴۴

شکل ۴-۹- قیر لاستیکی در دمای اختلاط ۲۰۰°C ۴۴

شکل ۴-۱۰- الف) قیر لاستیکی در زمان اختلاط ۱۵ min ب) قیر لاستیکی در زمان اختلاط ۳۰min ۴۹

شکل ۴-۱۱- الف) قیر لاستیکی در زمان اختلاط ۴۵ min ب) قیر لاستیکی در زمان اختلاط ۶۰min ۴۹

شکل ۴-۱۲- الف) قیر لاستیکی در زمان اختلاط ۷۵ min ب) قیر لاستیکی در زمان اختلاط ۹۰min ۴۹

شکل ۴-۱۳- الف) قیر لاستیکی با ۱/۵٪ LLDPE ب) قیر لاستیکی با ۳٪ LLDPE ۵۴

شکل ۴-۱۴- الف) قیر لاستیکی با ۴/۵٪ LLDPE ب) قیر لاستیکی با ۶٪ LLDPE ۵۴

شکل ۴-۱۵- الف) قیر لاستیکی با ۱/۵٪ کربنات کلسیم رسوبی ب) قیر لاستیکی با ۳٪ کربنات کلسیم رسوبی ۵۷

شکل ۴-۱۶- الف) قیر لاستیکی با ۴/۵٪ کربنات کلسیم رسوبی ب) قیر لاستیکی با ۶٪ کربنات کلسیم رسوبی ۵۸

شکل ۴-۱۷- الف) قیر لاستیکی با ۱/۵٪ بنتونیت ب) قیر لاستیکی با ۳٪ بنتونیت ۶۱

شکل ۴-۱۸- الف) قیر لاستیکی با ۴/۵٪ بنتونیت ب) قیر لاستیکی با ۶٪ بنتونیت ۶۱

شکل ۴-۱۹- الف) قیر لاستیکی با ۱/۵٪ باطله ذغال سنگ ب) قیر لاستیکی با ۳٪ باطله ذغال سنگ ۶۵

شکل ۴-۲۰- الف) قیر لاستیکی با ۴/۵٪ باطله ذغال سنگ ب) قیر لاستیکی با ۶٪ باطله ذغال سنگ ۶۵

فهرست جداول و نمودارها

عنوان **صفحه**

جدول ۳-۱- دانه بندی پودر لاستیک ۲۷

جدول ۳-۲- دانه بندی کربنات کلسیم ۲۸

جدول ۳-۳- آنالیز شیمیایی بنتونیت ۲۹

جدول ۳-۴- دانه بندی بنتونیت ۲۹

جدول ۳-۵- آنالیز باطله ذغال سنگ ۳۰

جدول ۳-۶- دانه بندی باطله ذغال سنگ ۳۰

جدول ۴-۱- درجه نفوذ مقادیر مختلف پودر لاستیک ۳۹

نمودار ۴-۱- درجه نفوذ مقادیر مختلف پودرلاستیک ۳۹

جدول ۴-۲- نقطه نرمی مقادیر مختلف پودر لاستیک ۴۰

نمودار ۴-۲- نقطه نرمی مقادیر مختلف پودرلاستیک ۴۱

جدول ۴-۳- مقادیر حساسیت حرارتی قیر و شاخص نفوذ برای مقادیر مختلف پودر لاستیک ۴۱

نمودار ۴-۳- نحوه تغییرات شاخص نفوذ و حساسیت حرارتی در مقادیر مختلف پودر لاستیک ۴۲

جدول ۴-۴- درجه نفوذ مقادیر مختلف دمای اختلاط ۴۵

نمودار۴-۴- درجه نفوذ مقادیر مختلف دمای اختلاط ۴۶

جدول ۴-۵- نقطه نرمی مقادیر مختلف دمای اختلاط ۴۶

نمودار ۴-۵- نقطه نرمی مقادیر مختلف دمای اختلاط ۴۷

جدول ۴-۶- مقادیر حساسیت حرارتی قیر و شاخص نفوذ برای دمای اختلاط مختلف ۴۷
نمودار ۴-۶- مقادیر شاخص نفوذ (مربع ها)حساسیت حرارتی برای دمای اختلاط مختلف ۴۸
جدول ۴-۷- درجه نفوذ بر حسب مقادیر مختلف زمان اختلاط ۵۰
نمودار ۴-۷- درجه نفوذ مقادیر مختلف زمان اختلاط ۵۱
جدول ۴-۸- نقطه نرمی مقادیر مختلف زمان اختلاط ۵۱
نمودار ۴-۸- نقطه نرمی مقادیر مختلف زمان اختلاط ۵۲
جدول ۴-۹- مقادیر حساسیت حرارتی قیر و شاخص نفوذ برای مقادیر مختلف زمان اختلاط ۵۳
نمودار ۴-۹- تغییرات شاخص نفوذ و حساسیت حرارتی مقادیر مختلف زمان اختلاط ۵۳
جدول ۴-۱۰- درجه نفوذ مقادیر مختلف پلی اتیلن ۵۵
نمودار ۴-۱۰- درجه نفوذ مقادیر مختلف پلی اتیلن ۵۵
جدول ۴-۱۱- نقطه نرمی مقادیر مختلف پلی اتیلن ۵۶
نمودار ۴-۱۱- نقطه نرمی مقادیر مختلف پلی اتیلن ۵۶
جدول ۴-۱۲- تاثیر افزودن کربنات کلسیم رسوبی بر درجه نفوذ قیر ۵۸
نمودار ۴-۱۲- تاثیر افزودن کربنات کلسیم رسوبی بر درجه نفوذ قیر ۵۹
جدول ۴-۱۳- نتایج حاصل از افزودن کربنات کلسیم رسوبی بر نقطه نرمی قیر ۵۹
نمودار ۴-۱۳- تاثیر افزودن کربنات کلسیم رسوبی بر نقطه نرمی قیر ۶۰
جدول ۴-۱۴- درجه نفوذ مقادیر مختلف بنتونیت ۶۲
نمودار ۴-۱۴- درجه نفوذ مقادیر مختلف بنتونیت ۶۲
جدول ۴-۱۵- نتایج حاصل از افزودن بنتونیت بر نقطه نرمی قیر لاستیکی ۶۳
نمودار ۴-۱۵- تاثیر بنتونیت بر نقطه نرمی قیر لاستیکی ۶۳

جدول ۴-۱۶- درجه نفوذ مقادیر مختلف باطله ذغال سنگ ۶۶
نمودار۴-۱۶- درجه نفوذ مقادیر مختلف باطله ذغال سنگ ۶۶
جدول ۴-۱۷- نقطه نرمی مقادیر مختلف باطله ذغال سنگ ۶۷
نمودار۴-۱۷- نقطه نرمی مقادیر مختلف باطله ذغال سنگ ۶۷
جدول ۴-۱۸ مقادیر حساسیت حرارتی و شاخص نفوذ برای دیگر افزودنی ها ۶۸
نمودار ۴-۱۸- مقادیر شاخص نفوذ برای مقادیر مختلف اصلاح کننده ۶۹
نمودار ۴-۱۹- مقادیر حساسیت حرارتی برای مقادیر مختلف اصلاح کننده ۶۹

فصل اول

مقدمه

۱-۱- استفاده مجدد از لاستیکهای فرسوده

یکی از مشکلات بشر در قرن حاضر، مشکل دفع زباله‌ها و مواد زاید ناشی از تولیدات کارخانه‌ها و سایر فن‌آوری‌های جدید است. افزایش تعداد وسایل نقلیه به نوبه خود باعث افزایش مواد اضافی نظیر لاستیک‌های فرسوده شده است که علاوه بر آلودگی محیط زیست باعث اشغال فضا در کشورهای مختلف گردیده است.

آمار ارائه شده در مورد تولید تایر مستعمل در دنیا عددی بالغ بر ۶ میلیون تن در سال می باشد. که حدود ۲٪ کل ضایعات جامد در کره زمین است. به عنوان مثال در آمریکا حدود ۲۸۵ میلیون حلقه لاستیک مستعمل در سال دور ریخته می‌شود که حدود ۲۲ میلیون حلقه آن پس از طی عملیاتی مجدداً مورد استفاده قرار گرفته و ۷۵ میلیون حلقه دیگر نیز به روشهای دیگر مصرف می-شود. به عبارت دیگر حدود ۱۸۸ میلیون حلقه لاستیک به زباله‌های برگشت ناپذیر اضافه خواهد شد[۱].

تایرها از زمان تولید بازارهای گوناگونی را تجربه می کنند. این بازارها نه فقط برای تایرهای نو بلکه برای تایرهای نیمه مستعمل، تعمیر شده و روکش شده نیز وجود دارد. در ۲۵ سال گذشته بازارهای جدیدی برای تایرهایی که به پایان عمرشان رسیده اند به وجود آمده است. بنابراین امروزه تایر به جای اینکه مستقیماً به محل جمع آوری زباله منتقل شود، ممکن است برای بازیافت یا تأمین انرژی فروخته شود. تایرها صد درصد قابلیت بازیافت دارند و ثابت شده است که این امر از نظر محیط زیستی بی خطر، از نظر اقتصادی مقرون به صرفه و از نظر اجتماعی مورد استقبال مردم قرار می گیرد[۲].

لاستیک (ترکیب اصلی تایر) یک پلیمر زنجیره‌ای خطی می‌باشد که نه ذوب می شود و نه قابل حل کردن، می باشد. در نتیجه نمی‌توان آنرا به شکل دیگری درآورد. قسمت دیگر تایرها مخلوطی پیچیده از مواد مختلفی مانند کربن بلک (دوده)، سیم‌های فولادی و ترکیبات آلی و غیرآلی دیگری می‌باشد. به دلیل همین ساختار ویژه، تایرهای مستعمل به سختی از راه‌های مرسوم مورد استفاده

در مورد شیشه‌ها و کاغذها و پلاستیک‌های فرسوده، بازیافت می‌شوند. همچنین استفاده سالانه حدود ۱۶ میلیون حلقه لاستیک در ایران، توجه به بازیافت این ماده را در کشور، اجتناب ناپذیر می‌کند. انبار کردن این لاستیک‌ها همواره مخاطره‌آمیز بوده است. در دهه اخیر ۵۴ مورد آتش‌سوزی انبار لاستیک، در آمریکا و کانادا به ثبت رسیده است. بنابراین همواره فکر بکارگیری لاستیک‌های فرسوده در جوامع صنعتی مطرح بوده است. مشکلات جمع‌آوری و نگهداری لاستیک‌های فرسوده عبارتند از :[۱]

۱- نگهداری از لاستیک‌های فرسوده در یک محل، نیاز به فضای زیادی دارد، که در بعضی از کشورها مانند ژاپن اختصاص چنین فضاهایی اقتصادی نیست.

۲- در انبارهای لاستیک‌های فرسوده همواره امکان آتش‌سوزی‌های مهیب وجود دارد. این آتش-سوزی‌ها از طرفی موجب پراکنده شدن دود غلیظ در فضای زیادی می‌شود که محیط اطراف را کاملاً آلوده می‌کند، ثانیاً به دلیل مصرف گوگرد و مواد گوگردی در تهیه لاستیک‌ها دود منتشر شده در هوا، منجر به باران‌های اسیدی خواهد شد.

۳- به دلیل دیر تخریب شدن لاستیک‌ها در محیط (بیش از ۵۰۰ سال)، نگهداری آن‌ها موجب پرورش انواع میکروب‌ها در آب‌های جمع‌آوری شده‌ی داخل لاستیک‌ها می‌شود.

۴- دفن این ضایعات در زمین اولاً نیاز به زمین‌های وسیعی دارد، ثانیاً زمینی که این ضایعات در آن دفن شده غیرقابل استفاده خواهد شد و از طرفی حالت تالابی پیدا می‌کند که خود زمینه پرورش میکروب‌ها را فراهم می‌آورد.

کشورهای پیشرفته صنعتی با توجه به بررسی کلیه این موارد، بهترین راه مواجهه با این مشکل را، بکارگیری مجدد این گونه مواد در صنعت یافتند و اغلب سعی در ترویج آن دارند.

امروزه روش‌های متنوعی برای استفاده مجدد و بازیابی تایرهای فرسوده وجود دارد که برخی از آنها عبارتند از: [۲]

الف) روکش گذاری مجدد

ب) استفاده به عنوان سوخت

ج) ایجاد جزیره‌های مصنوعی

د) پیرولیز

هـ) تهیه پودر لاستیک و استفاده آن در قطعات لاستیکی و تایر

و) تهیه پودر لاستیک جهت بکارگیری در مخلوطهای آسفالتی

۱-۲- اصلاح خواص قیر توسط لاستیکهای فرسوده

تقاضای جهانی قیر از هنگامی که این ماده نخستین بار در اوائل قرن حاضر در ایالت متحده تولید شد، به سرعت افزایش یافته و هم اکنون به میلیون ها تن در سال رسیده است. علاوه بر کاربرد عمده قیر در راهسازی، این ماده همچنین کاربردهای صنعتی گسترده و متنوعی یافته است که از مهمترین آنها می توان به پوشش عایق بام، قالب سازی و ماستیک سازی اشاره نمود.

وجود چنین کاربردهایی برای قیر مرهون خواصی همچون محافظت کنندگی، ضدآب بودن و چسبانندگی آن می باشد که نخستین بار توسط مصریان باستان شناخته شد و در خلال قرون وسطی به کار گرفته شد[۳].

انجام تحقیقات فراوان و کسب تجارب عملی متنوع، علی الخصوص طی چند دهۀ گذشته، موجب پیشرفتهای مهم و گستردۀ کنونی در استفاده از آمیزه های قیر پلیمری شده است. یکی از پلیمرهای متداول و مناسب، پودر لاستیک ضایعاتی است. که در دانه بندی های مختلف جهت اصلاح خواص قیر به کار رفته است[۳].

قیر لاستیکی ماده ای است که علی رغم نیاز به سرمایه گذاری اولیه بیشتر، طی مدت زمان کارکرد خود، به دلیل صرف هزینۀ نگهداری بسیار کمتر و امکان تهیه آسفالتی با ضخامت کمتر و کیفیت بهتر از آن، هزینه های اولیه را جبران نموده و در نهایت کفۀ ترازو را به نفع خود سنگین می نماید.

یک مزیت بزرگ تولید قیر لاستیکی، علاوه بر انتقال خواص مناسب پودر لاستیک به قیر، کمک به کاهش تایرهای مستعمل و استفادهٔ بی ضرر و بسیار مفید از آنها می باشد[۳].

با توجه به موارد فوق به نظر می رسد قیر لاستیکی یک تکنولوژی سبز جهت استفاده در هر نقطهٔ از جهان بوده و استفاده از این ماده در نقاطی که دسترسی به آنها جهت ترمیم جاده با سختی انجام می پذیرد نظیر جاده های روستایی و نقاطی که تحت ترمزها و تنش های شدید قرار دارند نظیر میادین، چهارراهها، سرازیریها و پلها می تواند از بسیاری از هزینه های نگاهداری کاسته و خواص مفید فوق الذکر را نیز به آسفالت بیفزاید[۳].

با توجه به اینکه مقدار زیادی از لاستیکهای فرسوده تولیدی در ایران بلا استفاده باقی می ماند و همچنین کاربرد این لاستیکها باعث بهبود خواص قیر می شود. انجام این پژوهش شرایط به کار بردن لاستیکهای فرسوده را فراهم می آورد. علاوه بر این استفاده از دیگر مواد افزودنی (پلی اتیلن، کربنات کلسیم رسوبی، بنتونیت، باطله ذغال سنگ) که خواص قیر لاستیکی را بهبود می دهد نیز مورد بررسی قرار گرفته است و مقدار بهینه در هر حالت را معرفی می کند.

فصل دوم

مروری بر تحقیقات انجام شده