

Feasibility study of recycling and converting acidic sludge to bitumen in used motor oil refining industries

Malek Hassanpour¹, Ahmad jonidi jafari^{*2}, Mitra Gholami³, Mehdi Farzadkia³

1- MSc Student of Environmental Health Engineering, School of Health, Tehran University of Medical Science, Tehran, Iran.

2- Associate Professor, Department of Environmental and Occupational Health Engineering, School of Health, Iran University of Medical Science, Tehran, Iran.

3- Associate Professor, Department of Environmental Health Engineering, School of Health, Tehran University of Medical Science, Tehran, Iran.

ABSTRACT

Background and Aims: Thousand tons of acidic sludge is produced daily as by-product in the used motor oil refining industries. The acidic sludge contains unsaturated compounds which are non-polar and asphaltene. The objective of this study was performance improvement of acidic sludge by using the additives (bentonite, polymer SBS, sodium hydroxide and the lime) so that recovery to bitumen.

Materials and Methods: The polymer styrene - butadiene - styrene (SBS) is bitumen modifier as one of the elastomer - thermoplastic with weight percentages (2 to 4 percent), bentonite due to the chemical structure as fillers, stabilizers and agent concentration with weight percentages (1,2,4,6,8,10) and lime and sodium hydroxide were used to decreasing acidity rate of acidic sludge and promoting the role of bentonite stability in bitumen with ratios equal (1 to 5 g) were mixed with acidic sludge of industry (samples 50 g) and their effect on the acidic sludge was investigated.

Results: Evaluation of studies indicated that because of increasing acidic sludge softening point, temperature from 25 to 48 oC , decrease weight loss from 3% to 1.25, promoting the penetration degree to 230 mm, Frass breaking point to -7 and penetration index (PI) to the degree standard set (+1), the acidic sludge properties and performance were modified. The measurement of last three parameters was unavailable in primary sludge.

Conclusion: Environmental and health hazards of acidic sludge will be decreases by treatment and neutralization. Also obtained products can be used in the building and road construction according to its specific bitumen criteria and characteristics.

Key words: Recovery - Acidic sludge - Used motor oil

*Corresponding Author:

Department of Environmental and Occupational Health Engineering, School of Health, Iran University of Medical Science, Tehran, Iran.

Email: a.jonidi@modares.ac.ir

Received: 24 Jul. 2013

Accepted: 31 Aug. 2013

بررسی امکان بازیابی و تبدیل لجن اسیدی به قیر در صنایع تصفیه مجدد روغن موتور مصرف شده

مالک حسن پور^۱، احمد جنیدی جعفری^{۲*}، میترا غلامی^۳، مهدی فرزادکیا^۳

^۱ دانشجوی کارشناس ارشد مهندسی بهداشت محیط، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی تهران

^۲ دانشیار گروه مهندسی بهداشت محیط، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی ایران

^۳ دانشیار گروه مهندسی بهداشت محیط، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی تهران

چکیده

زمینه و اهداف: روزانه هزاران تن لجن اسیدی به عنوان محصول جانبی در صنایع تصفیه مجدد روغن موتور مصرف شده تولید می‌شود. لجن اسیدی حاوی ترکیبات غیر اشباع قطبی و آسفالتین است. دفع این لجن بصورت خام بسیار خطرناک و صدمات زیست محیطی و بهداشتی به دنبال خواهد داشت. هدف این مطالعه بهبود کارایی لجن اسیدی به کمک مواد افزودنی (خاک بنتونیت، پلیمر SBS، سود و آهک) و تبدیل آن به قیر بود.

مواد و روشها: پلیمر استایرن - بوتادین - استایرن (SBS)، به عنوان اصلاح کننده الاستومر - ترموپلاست قیر با درصدهای وزنی (۲ تا ۴ درصد)، بنتونیت به دلیل ساختار شیمیایی به عنوان پر کننده، تغلیظ کننده و پایدار کننده با درصدهای وزنی (۱، ۲، ۴، ۶، ۸، ۱۰) آهک و سود به منظور کاهش میزان اسیدیته لجن اسیدی و تقویت نقش پایدار کنندگی بنتونیت در قیر به نسبت های مساوی (۱ تا ۵ گرم) با ۵۰ گرم لجن اسیدی مخلوط شدند و تاثیر آنها بر لجن اسیدی بررسی شد.

یافته‌ها: با توجه به مطالعات انجام شده، با افزایش نقطه نرمی لجن اسیدی از ۲۵ به ۴۸°C، کاهش افت وزنی از ۳ به ۱/۲۵ درصد، ارتقاء درجه نفوذ به ۲۳ میلیمتر، نقطه شکست فراس به ۷°C- و شاخص نفوذپذیری (PI) به حد استاندارد تعیین شده (+۱) در فرآورده‌های بدست آمده، خصوصیات و کارایی لجن اسیدی اصلاح گردید. سه پارامتر نقطه شکست و درجه نفوذ و شاخص نفوذپذیری در لجن اولیه قابل اندازه گیری نبود.

نتیجه گیری: با توجه به خنثی سازی اسیدیته لجن، خطرات زیست محیطی و بهداشتی محصول بدست آمده بمراتب کاهش می‌یابد، همچنین می‌توان این محصول را در مصارف ساختمانی و راه سازی با توجه به معیارها و ویژگی‌های اختصاصی قیر مصرف نمود.

کلید واژه‌ها: بازیافت - لجن اسیدی - روغن موتور مصرف شده

*آدرس نویسنده مسئول:

دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی ایران

Email: a.jonidi@modares.ac.ir

تاریخ دریافت مقاله: ۱۳۹۲/۵/۲

تاریخ پذیرش مقاله: ۱۳۹۲/۶/۹

مقدمه:

مونت موریلونیت ها می باشد. بنتونیت ساختمان کریستالی دارد و ترکیب پیچیده ای از سیلیکات آلومینوم آبدار می باشد. بنتونیت به عنوان پر کننده، تغلیظ کننده و پایدار کننده در قیر مورد استفاده قرار می گیرد. آهک و سود به منظور کاهش میزان اسیدیته لجن اسیدی و تقویت نقش پایدار کنندگی بنتونیت در قیر بکار می روند [۱۲،۱۳]. پلیمر استایرن - بوتادین - استایرن (SBS) دارای خصوصیات الاستیکی و ترموپلاستیکی می باشد و در دماهای اختلاط بالا بصورت کاملاً روان در می آید. این پلیمر در دمای 170°C توسط میکسر با قیر مخلوط می شود [۱۴]. بر اساس اطلاعات موجود تا بحال مطالعه ای در زمینه بازیافت لجن اسیدی حاصل از فرایند اسید / رس انجام نشده است. این مطالعه با هدف بازیافت لجن اسیدی به قیر با استفاده از مواد افزودنی خاک بنتونیت، سود، آهک و پلیمر SBS انجام شد.

مواد و روشها:

در این تحقیق، نمونه لجن اسیدی از یک صنعت تصفیه روغن موتور مصرف شده واقع در استان اصفهان تهیه شد. پلیمر SBS نوع خطی و بنتونیت (مشخصات مطابق جدول ۱ و ۲) به ترتیب از شرکت پتروشیمی تهران و معدن بنتونیت اصفهان تهیه شدند. سود و آهک به صورت جامد مصرف شدند.

جدول ۱. آنالیز شیمیایی بنتونیت

نوع مواد	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	Na ₂ O	K ₂ O	MgO	CaO	Lo.I ¹
بنتونیت	۷۰/۰۶	۱۴/۲۲	۳/۰۴	۲/۱۷	۰/۳۹	۲/۴	۱/۶۸	۵/۳۲

۱. هر رفت در شعله با دمای 1000°C

جدول ۲. مشخصات پلیمر SBS (Carl Prene 501)

مشخصات پلیمر	مقدار	روش آزمایش
درصد مواد فرار	۰/۴	ASTM D-5668
درصد استایرن موجود	۳۱	ASTM D-5775
درصد خاکستر	< ۰/۳۵	ASTM D-5669

این مطالعه به صورت تجربی کاربردی و در شرایط آزمایشگاهی انجام گرفت. به منظور اختلاط ابتدا ۵۰ گرم لجن اسیدی تا دمای 180°C در فور گرم شد. سپس پلیمر SBS با درصد وزنی ۲ تا ۴ و خاک بنتونیت با درصدهای وزنی ۱۰، ۱۰، ۲۰، ۴۰، ۶۰، ۸۰، ۱۰۰ و آهک به نسبت مساوی از یک تا پنج گرم به نمونه ها اضافه شد. با استفاده از همزن برش بالا با سرعت ۲۵۰۰ دور

بر اساس آمار منتشر شده توسط سازمان صنایع کشور، در حال حاضر بیش از دویست کارخانه بازیافت روغن موتور مصرف شده در سراسر کشور در زمینه فراورش روغن موتور مصرف شده فعالیت دارند. روش اصلی مدیریت روغن موتور مصرف شده در ایران و اکثر کشورهای جهان جمع آوری و بازیافت می باشد [۱]. مطالعه Alzubaigy و همکاران نشان می دهد که از هزار تن روغن موتور مصرف شده حداقل ششصد تن روغن پایه تولید می شود. در حالیکه برای تولید همین مقدار روغن موتور از نفت خام، شش هزار تن نفت خام لازم است. این مورد اهمیت بازیافت روغن موتور مصرف شده را بیان می نماید [۲]. روش فراورش روغن موتور مصرف شده در ایران فناوری اسید سولفوریک / خاک رس است. عملیات بازیافت روغن موتور مصرف شده در این فناوری از طریق آبگیری، گرمایش همراه با افزایش اسید و صاف سازی روغن موتور مصرف شده انجام می شود [۳،۴]. در این فرایند، از صد بشکه روغن موتور مصرف شده، پانزده بشکه لجن اسیدی به صورت دورریز حاصل می شود. در نتیجه حجم لجن اسیدی دور ریز شده، با توجه به تعداد صنایع بازیافت موجود در کشور، میزان روغن موتور مصرف شده تولید شده و میزان تصفیه روغن موتور مصرف شده بسیار زیاد می باشد [۵،۶]. روغن موتور از مشتقات نفت خام می باشد. با توجه به اینکه در تصفیه نفت خام ترکیبات آلی (مواد پایه پارافینی، پایه نفتینک، پایه آروماتیک) و مواد افزودنی (مواد بازدارنده اکسیداسیون و خوردگی یا تاقان، مواد ضد سائیدگی، بهبود دهنده های اصطکاک، مواد ضد کف، مواد ضد زنگ، معلق سازنده های خاکستر، پاک کننده های فلزی، قلیائیت دهنده ها، افزایش دهنده های اندیس ویسکوزیته) به منظور بهبود کیفیت روغن به آن اضافه می شوند؛ همچنین فلزاتی (سرب، روی، کروم، کادمیوم) که از فعل و انفعالات درون موتور وارد روغن می شوند، اثرات بهداشتی دور ریزی لجن اسیدی حائز اهمیت است. ماده اصلی تشکیل دهنده لجن اسیدی ترکیبات غیر اشباع قطبی و آسفالتین است که ترکیبی مشابه قیر حاصل از پالایش نفت خام دارد [۷]. ساختمان شیمیایی قیر حاصل از پالایش نفت خام را هیدروکربورهای آلی و ساختمان کلئیدی آن را آسفالتین و مالتین تشکیل می دهند [۸،۹]. یک قیر اصلاح نشده (اصلاح فیزیکی یا شیمیایی) رفتار ایده ال ندارد و در برابر دما دچار تغییرات پیوسته می شود [۱۰]. مهمترین خانواده اصلاح کننده قیر، پلیمرها هستند [۱۱]. بنتونیت نوعی خاک رس از گروه

نقطه شکست فراس، حداقل دمای قابل تحمل قیر، حداکثر دمای قابل تحمل قیر و دمای نقطه نرمی می باشد (۱۵).

معادله ۳:

$$PG = H - L$$

معادله ۴:

$$H = T_{R\&B} + 20$$

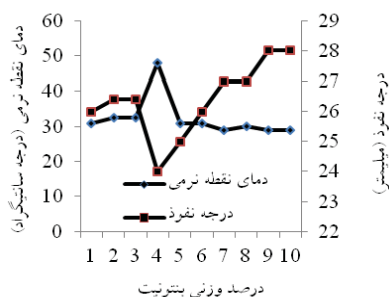
معادله ۵:

$$L = 2T_{FRASS}$$

یافته ها:

ابتدا پارامترهای کارایی نمونه لجن اسیدی تعیین شد. دمای نقطه نرمی و افت وزنی به ترتیب 25°C و ۳ درصد بودند. درجه نفوذ، PI، دمای نقطه شکست فراس و PG غیر قابل اندازه گیری بودند. در مرحله اول به منظور بازیافت لجن اسیدی به قیر، پلیمر SBS و خاک بنتونیت به نمونه ها اضافه شدند. آزمایشات کارایی قیر روی نمونه ها انجام شد. نتایج حاصل از این مرحله با استفاده از نمودارهای ۱ تا ۵ نمایش داده شده است. در مرحله دوم آزمایشات سود، آهک، بنتونیت و پلیمر SBS همزمان استفاده شدند. نتایج این مرحله در جدول ۳ بیان شده است. در نهایت فرآورده های بدست آمده با توجه به درجه کارایی دسته بندی شدند. نتایج حاصل از دسته بندی فرآورده ها در جدول ۴ موجود می باشند.

نمودار ۱ تاثیر تغییرات درصد وزنی بنتونیت در ۲ درصد وزنی ثابت پلیمر SBS بر دمای نقطه نرمی و درجه نفوذ را نشان می دهد. همان طور که مشاهده می شود بیشترین نقطه نرمی و کمترین درجه نفوذ در ۴ درصد وزنی بنتونیت به ترتیب 48°C و ۲۴۰ دهم میلیمتر (۲۴ میلیمتر) حاصل شدند. با افزایش درصد وزنی بنتونیت تا ده، دمای نقطه نرمی تا 29°C کاهش و درجه نفوذ تا ۲۸۰ دهم میلیمتر افزایش یافت.



نمودار ۱- تاثیر تغییرات درصد وزنی بنتونیت در ۲ درصد وزنی ثابت

SBS بر دمای نقطه نرمی و درجه نفوذ

در دقیقه به مدت ۳۰ دقیقه اختلاط انجام شد. آزمایشات در دو مرحله و هر مرحله در هفت بشر انجام شد و هر آزمایش دو بار تکرار شد. نتایج با استفاده از نرم افزار EXCEL تجزیه و تحلیل شد. در این مطالعه آزمایش درجه نفوذ طبق استاندارد ASTM-D5 یا ۲۹۵۰ استاندارد ایران، به منظور تعیین سختی قیر انجام شد. در این آزمایش یک سوزن استاندارد تحت اثر بار ۱۰۰ گرمی در مدت پنج ثانیه به داخل قیر در دمای 25°C نفوذ می کند. مقدار نفوذ برحسب دهم میلی متر اندازه گیری می شود. آزمایش افت وزنی طبق استاندارد ASTM - D6 انجام شد. معادله ۱ روش محاسبه افت وزنی را نشان می دهد. افت وزنی قیر در اون مجهز به تهویه در دمای 163°C و در مدت پنج ساعت (شرایط تقریبی پخت آسفالت) اندازه گیری شد.

معادله ۱:

$$\text{درصد افت وزنی} = \frac{W_1 - W_2}{W_1} * 100$$

W_1 = وزن ظرف و قیر قبل از قرار دادن در گرمخانه

W_2 = وزن ظرف و قیر بعد از قرار دادن در گرمخانه

آزمایش دمای نقطه نرمی طبق استاندارد ASTM-D36 یا ۲۹۵۱ استاندارد ایران انجام شد. در این آزمایش ساچمه مخصوص روی قالب حاوی قیر قرار می گیرد. تحت عمل گرمایش ساچمه در یک دمای خاص به ته بشر سقوط می کند. این دما، دمای نقطه نرمی نامیده می شود. آزمایش دمای نقطه شکست فراس طبق استاندارد IP ASTM 2000: Part 80, EN 12593 انجام شد. در این آزمایش لایه ای از قیر روی یک پلاگ مالیده می شود و با افزایش فشار و سرما اولین شیاری که در قیر بوجود می آید، دمای نقطه شکست فراس نامیده می شود. شاخص نفوذ پذیری (PI) با استفاده از معادله تجربی ۲ محاسبه شد. در این معادله A, P, T به ترتیب دمای نقطه نرمی، درجه نفوذ و حساسیت حرارتی می باشند.

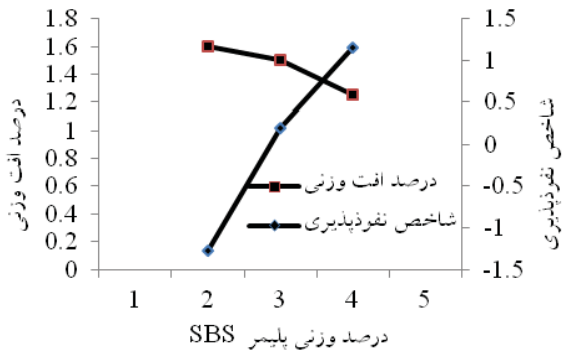
معادله تجربی ۲:

$$PI = \frac{20 - 500A}{1 + 50A}$$

$$A = \frac{\log 800 - \log P}{T - 25}$$

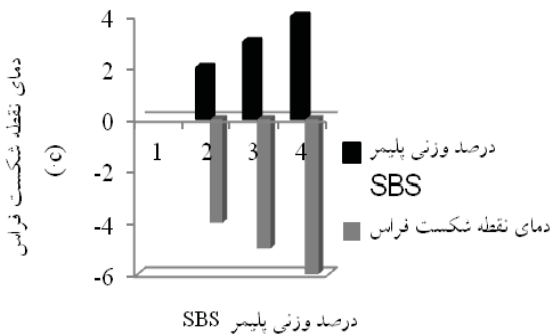
درجه کارایی (PG) با استفاده از معادلات تجربی ۳ تا ۵ محاسبه شد. در این معادلات T_{FRASS} , H, L, و $T_{R\&B}$ به ترتیب دمای

نمودار ۴ تاثیر تغییرات درصد وزنی پلیمر SBS در ۴ درصد وزنی بتونیت بر افت وزنی و PI را نمایش می‌دهد. نمودار بیانگر آن است که با افزایش درصد وزنی SBS افت وزنی نمونه‌ها از ۱/۶ به ۱/۲۵ درصد کاهش و PI از ۱/۲۸۰۵- به ۱/۱۴۵۸ افزایش یافت.



نمودار ۴- تاثیر تغییرات درصد وزنی پلیمر SBS در ۴ درصد وزنی بتونیت بر افت وزنی و PI

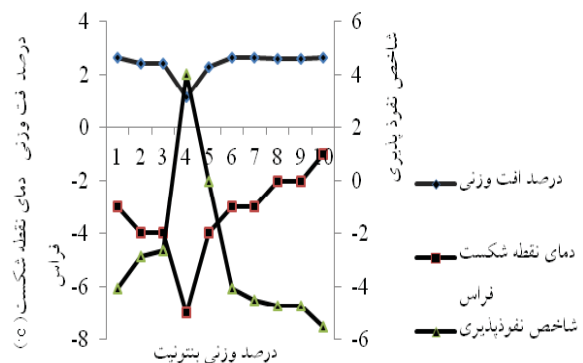
نمودار ۵ تاثیر تغییرات درصد وزنی SBS در ۴ درصد وزنی بتونیت بر دمای نقطه شکست فراس را نمایش می‌دهد. همان‌طور که مشاهده می‌شود با افزایش درصد وزنی SBS دمای نقطه شکست فراس تا 6°C - کاهش یافت.



نمودار ۵- تاثیر تغییرات درصد وزنی پلیمر SBS در ۴ درصد وزنی بتونیت بر دمای نقطه شکست فراس

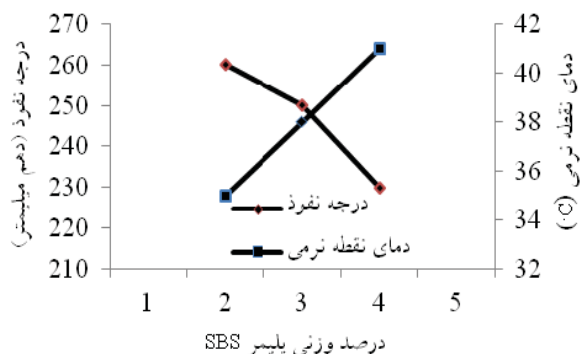
نتایج موجود در جدول ۳ نشان می‌دهد که با افزایش بتونیت تا ده درصد وزنی، سود و آهک به میزان مساوی (یک گرم از هر کدام) بالاترین مقدار PI و دمای نقطه نرمی، کمترین درجه نفوذ و افت وزنی در ده درصد وزنی بتونیت (نمونه ۶) حاصل شد.

نمودار ۲ تاثیر تغییرات درصد وزنی بتونیت در ۲ درصد وزنی ثابت پلیمر SBS بر افت وزنی، PI و نقطه شکست فراس را نشان می‌دهد. نمودار بیانگر آن است که کمترین افت وزنی، بیشترین دمای نقطه شکست فراس و PI با ۴ درصد وزنی بتونیت به ترتیب ۱/۱۵ درصد، 7°C - و ۴/۱۱۲ حاصل شد. با افزایش درصد وزنی بتونیت تا ده، افت وزنی تا ۲/۵۵ درصد و دمای نقطه شکست فراس تا 1°C - افزایش یافت و PI نوسانات زیادی در پی داشت.



نمودار ۲- تاثیر تغییرات درصد وزنی بتونیت در ۲ درصد وزنی ثابت SBS بر افت وزنی، PI و نقطه شکست فراس

نمودار ۳ تاثیر تغییرات درصد وزنی SBS در ۴ درصد وزنی بتونیت (درصد وزنی بهینه بتونیت بدست آمده) بر دمای نقطه نرمی و درجه نفوذ را نشان می‌دهد. همان‌طور که مشاهده می‌شود با افزایش درصد وزنی پلیمر SBS دمای نقطه نرمی نمونه‌ها از ۳۵ به 41°C افزایش یافت. درجه نفوذ از ۲۶۰ به ۲۳۰ دهم میلیمتر کاهش یافت.



نمودار ۳- تاثیر تغییرات درصد وزنی پلیمر SBS در ۴ درصد وزنی بتونیت بر دمای نقطه نرمی و درجه نفوذ

جدول ۳- نتایج تاثیر افزودن سود، آهک، بنتونیت و ۲ درصد وزنی ثابت SBS بر پارامترهای کارایی

نمونه	درصد وزنی بنتونیت	سود و آهک (g)	درجه نفوذ	دمای نقطه نرمی (°C)	درصد افت وزنی	دمای نقطه شکست فراس (°C)	PI
۱	۱	۱+۱	*	۲۵	۳	*	*
۲	۲	۱+۱	*	۲۶/۳	۲/۹	*	*
۳	۴	۱+۱	*	۲۷	۲/۸	*	*
۴	۶	۱+۱	۳۰۰	۲۸/۲	۲/۷	*	-۶/۰۸۱۳
۵	۸	۱+۱	۲۷۰	۲۸	۲/۷	*	-۶/۶۱۶۳
۶	۱۰	۱+۱	۲۵۰	۳۰	۲/۶	*	-۵/۰۴۳۸
۷	۱۰	۲+۲	**۳۰۰	۲۴	۳/۲	*	-۱۱/۴۷
۸	۱۰	۳+۳	**۳۰۰	۲۲	۳/۴	*	-۱۴/۹۲
۹	۱۰	۴+۴	**۳۰۰	۲۰	۳/۵	*	-۱۹/۲
۱۰	۱۰	۵+۵	**۳۰۰	۱۹	۳/۷	*	-۲۲/۲۲

** در زمان یک ثانیه اندازه گیری شده اند. * غیر قابل اندازه گیری

در درصد وزنی بهینه بنتونیت (ده درصد) با افزایش مقدار سود و آهک به نسبت مساوی درجه نفوذ ثابت ماند و نقطه نرمی بیش از حد کاهش یافت. افت وزنی و PI کاهش (منفی تر) یافت.

جدول ۴- نقطه شکست فراس، نقطه نرمی و PG فرآورده های بدست آمده

نمونه	درصد وزنی بنتونیت	درصد وزنی پلیمر SBS	دمای نقطه نرمی (°C)	دمای نقطه شکست فراس (°C)	$T_{R\&B}+20^{\circ}C$ (L)	(PG)
۱	۱	۲	۳۱	-۳	۵۱	-۲
۲	۲	۲	۳۲/۵	-۴	۵۲/۵	-۸
۳	۴	۲	۴۸	-۷	۶۸	-۱۴
۴	۴	۲	۳۵	-۴	۵۵	-۸
۵	۴	۳	۳۸	-۵	۵۸	-۸
۶	۴	۴	۴۱	-۶	۶۱	-۱۲
۷	۶	۲	۳۱	-۳	۵۱	-۲
۸	۸	۲	۳۰	-۲	۵۰	-۲
۹	۱۰	۲	۲۹	-۱	۴۹	-۲

-۱ حداکثر دمای قابل قبول قیر (دمای نقطه نرمی به اضافه بیست درجه سانتیگراد)

بحث:

می‌رود) از ۱ تا ۵ درصد وزنی به ته مانده برج تقطیر (VB)، بدلیل کاهش ویسکوزیته، هر دو پارامتر دمای نقطه نرمی و دمای نقطه شکست فراس به ترتیب از ۴۱ به ۳۲°C و ۱۹- به ۲۷°C- کاهش یافتند. درجه نفوذ از ۲۰۲ به ۲۸۰ دهم میلیمتر افزایش یافت. نتایج بدست آمده نشان می‌دهد که با کاهش هر چه بیشتر ویسکوزیته امکان اندازه گیری پارامترها غیر ممکن می‌گردد [۱۶]. علاوه بر خاصیت پرکنندگی، تغلیظ و پایدارسازی بنتونیت، (مطابق جدول ۱) بیش از هفتاد درصد

در لجن اسیدی مقدار اندکی روغن موتور مشاهده شد که این عامل در ویسکوزیته آن تاثیر گذار است. لجن اسیدی به حدی روان بود که دمای نقطه شکست فراس، درجه نفوذ، PI و PG غیر قابل اندازه گیری بودند. لذا از مواد افزودنی به منظور بهبود پارامترهای کارایی استفاده شد. نتیجه مطالعه رسول زاده و همکاران نشان می‌دهد که با افزودن روغن HVS (بخش سنگین نفت خام که برای تولید روغن موتور بکار

ساختار شیمیایی بتونیت را سیلیس تشکیل می‌دهد. سیلیس عنصری است که در سفتی و افزایش ویسکوزیته تاثیر گذار می‌باشد. نتایج نمودار ۱ نشان می‌دهد که در ۴ درصد وزنی بتونیت، در مقادیر بدست آمده از آزمایشات درجه نفوذ و دمای نقطه نرمی فراورده‌های بدست آمده، کاهش و افزایش معناداری حاصل شد. در مقادیر درجه نفوذ و دمای نقطه نرمی فراورده‌ها، نسبت به لجن اسیدی افزایش قابل ملاحظه‌ای مشاهده شد. با افزایش درصد وزنی بتونیت تا ده، بدلیل آماس، افزایش حجم و محبوس شدن هوا در داخل لجن، درجه نفوذ افزایش یافت و دمای نقطه نرمی کاهش یافت [۱۷]. کاهش درجه نفوذ به معنی کاهش روانی می‌باشد. آزمایش درجه نفوذ نمادی از قوام و پایداری قیر در برابر بار و فشار ترافیک جاده است. [۱۷، ۱۸]. در مطالعه حمیدی و همکاران اثر افزودن بتونیت به قیر لاستیکی بررسی شد. نتایج نشان داد که با افزایش درصد وزنی بتونیت از ۱/۵ تا ۶ دمای نقطه نرمی از ۶۳ به ۶۷°C افزایش یافت. کمترین درجه نفوذ در ۳ درصد وزنی بتونیت (۲۵ دهم میلیمتر) حاصل شد که با یافته‌های این تحقیق مطابقت دارد [۱۹].

نتایج نمودار ۲ بیانگر آن است که کمترین افت وزنی در ۴ درصد وزنی بتونیت حاصل شد. مقدار بدست آمده در مقایسه با افت وزنی لجن اسیدی، کاهش چشمگیری نشان داد. با افزایش درصد وزنی بتونیت، بدلیل خروج هوای محبوس شده در درون لجن اسیدی، افت وزنی افزایش یافت. افت وزنی هر چه به یک درصد نزدیک شود بهترین حالت بوده و به افت وزنی قیر طبیعی نزدیک می‌شود و در موقع پخت آسفالت هدر رفت قیر و انتشار ترکیبات آلی فرار کم بوده و مانع از سخت شدن قیر آسفالت می‌شود [۲۰]. با افزایش درصد وزنی بتونیت بدلیل پراکندگی داده‌های دمای نقطه نرمی و درجه نفوذ، مقادیر محاسبه شده برای PI تغییرات زیادی از خود نشان داد. هر چه PI به ۱+ نزدیک شود قیر از کارایی بهتری برخوردار است [۲۱]. با افزایش ویسکوزیته و سفت شدن فراورده‌ها، همزمان با افزودن مواد افزودنی، بالاترین دمای نقطه شکست فراس در ۴ درصد وزنی بتونیت مشاهده شد. در حالیکه با افزایش درصد وزنی بتونیت بدلیل آماس ایجاد شده در فراورده‌ها این شاخص تا ۱°C- افزایش یافت. هر چه دمای نقطه شکست فراس (منفی تر) کاهش یابد قیر از کارایی بهتری برخوردار است. حداکثر دمای نقطه شکست فراس قابل تحمل قیر ۳۰°C- تخمین زده شده است [۲۲].

لاستیکی و ترموپلاستیکی شبکه سه بعدی پلیمر SBS در اصلاح خصوصیات فراورده‌ها، بسیار موثر هستند. همان طور که از نتایج نمودار ۳ مشاهده می‌شود، با افزایش درصد وزنی پلیمر SBS دمای نقطه نرمی و درجه نفوذ به ترتیب افزایش و کاهش یافتند. در مطالعه رسول زاده و همکاران تاثیر پلی اتیلن بازیافتی (پلیمر SBS حاوی حدود ۲۰-۳۰ درصد پلی اتیلن است) با درصد‌های وزنی مختلف بر خواص پسمانده تقطیر در خلا، بررسی شد. نتایج نشان می‌دهد که دمای نقطه نرمی و درجه نفوذ به ترتیب از ۴۱ تا ۱۱۷°C و از ۲۰۲ به ۴۷ دهم میلی متر افزایش و کاهش یافتند. دلیل کم بودن دمای نقطه نرمی در این حالت نسبت به ۴ درصد وزنی بتونیت با دو درصد وزنی ثابت پلیمر SBS می‌تواند به تاثیر متقابل دو ماده افزودنی یا عدم یکنواختی و یا یکسان نبودن میزان روغن هدر رفته در نمونه‌ها باشد. هر چه دمای نقطه نرمی بیشتر باشد، قیر حساسیت کمتری نسبت به تغییرات دما دارد. درجه نرمی قیرهای معمولی حدود ۶۰ تا ۷۰°C و قیر طبیعی بالای صد می‌باشد. درجه نفوذ قیر بین ۳۰ تا ۱۳۰ دهم میلیمتر یک قیر بهینه برای شرایط آب و هوایی کشور است [۲۳]. ابطحی و همکاران در زمینه اصلاح خواص قیر با استفاده از پلیمر SBS بر روی یک نمونه قیر ۶۰/۷۰ پالایشگاه اصفهان به این نتیجه رسیدند که با افزایش درصد وزنی پلیمر SBS از ۲ تا ۵، دمای نقطه نرمی و درجه نفوذ به ترتیب از ۵۱ تا ۶۱°C و ۶۶ به ۳۶ دهم میلیمتر تغییر نمود. نتایج فوق مصداقی بر یافته‌های این تحقیق می‌باشد.

نتایج نمودار ۴ و ۵ نشان دهنده آن است که با افزایش درصد وزنی پلیمر SBS، بدلیل خاصیت پرکنندگی، تغلیظ و پایدار سازی بتونیت، خاصیت لاستیکی و ترموپلاستیکی شبکه سه بعدی پلیمر، هر دو پارامتر افت وزنی و دمای نقطه شکست فراس کاهش یافتند. مقادیر محاسبه شده برای PI به سمت ۱+ و بالاتر گرایش یافت. مقدار عددی PI بزرگتر از یک بیانگر حساسیت حرارتی کمتر قیر می‌باشد. بنابراین این نوع قیر می‌تواند در مناطق با اختلاف حرارتی زیاد، خواص مطلوبی از خود نشان دهد. بتونیت پایداری گرمایی را تقویت می‌کند و پلیمر SBS ضمن بهبود پیوستگی، باعث توسعه محدوده دمایی قابل تحمل قیر می‌گردد [۲۴]. در مطالعه ابطحی و همکاران، با افزایش درصد وزنی پلیمر SBS، مقدار محاسبه شده برای PI از ۲۷۱۶- به ۴۵+ افزایش یافت. افت وزنی و دمای نقطه شکست فراس به ترتیب از ۱/۳۶ به چهار صدم درصد و ۸- به ۱۴°C- کاهش یافتند. نتایج بدست آمده با یافته‌های

دستیابی به خواص مهندسی قیر استفاده می‌شود. نتایج بدست آمده حاکی از آن است که این نوع قیر در مناطق مختلف کشور قابل استفاده می‌باشد.

نتیجه گیری:

نتایج این تحقیق نشان می‌دهد که سود و آهک باعث تغییر پارامترهای کارایی لجن اسیدی شدند. با افزایش درصد وزنی پلیمر SBS در ۴ درصد وزنی بنتونیت، درجه نفوذ، افت وزنی، دمای نقطه شکست فراس و دمای نقطه تعیین شده (به ترتیب ۱۰۰ دهم میلیمتر، ۱ درصد، ۱۲-، ۷۰°C) قیر خالص معمول راه سازی بسیار نزدیک گردید. PI با محدوده تعیین شده قیر خالص معمول راه سازی کاملاً منطبق گردید. در نتیجه خصوصیات و کارایی لجن اسیدی بهبود یافت و فرآورده‌های بدست آمده با کاهش خطرات زیست محیطی و بهداشتی می‌توانند در مصارف راه و ساختمانی در مناطق مختلف کشور با آب و هوای گرم و نسبتاً سرد مورد استفاده قرار گیرند.

این تحقیق مطابقت دارد. با منفی تر شدن دمای نقطه شکست فراس، شکننده بودن آسفالت در دمای پایین کمتر می‌شود و خاصیت ارتجاعی قیر و آسفالت حفظ می‌گردد. دمای نقطه شکست فراس در اثر همزنی قیر در دمای بالا، سخت تر شدن قیر، افزایش می‌یابد. دمای نقطه شکست فراس ۱۲- یک قیر بهینه برای شرایط آب و هوایی کشور می‌باشد. این قیر در شرایط گرم شیار دار نمی‌شود و در جاده‌های کوهستانی سرد ترک بر نمی‌دارد [۲۴،۲۵].

نتایج جدول ۳ بیانگر آن است که افت وزنی و PI از حد استاندارد تعیین شده قیر، به ترتیب ۱ درصد و +۱، فاصله زیادی دارند. همچنین بدلیل پایین بودن نقطه نرمی و افزایش درجه نفوذ (لازم به توضیح است که نتایج این آزمایش در یک ثانیه اندازه گیری شد) و عدم اندازه گیری دمای نقطه شکست فراس، فرآورده حاصله به حالت دوغاب تبدیل شدند [۲۶].

نتایج جدول ۴ نشان دهنده آن است که در ۴ درصد وزنی بنتونیت (نمونه ۳) بیشترین مقدار PG مشاهده شد. با افزایش درصد وزنی پلیمر SBS، PG ثابت ماند. از نتایج PG به منظور دسته بندی و استفاده از قیر در شرایط آب و هوایی مختلف و

تشکر و قدردانی

این تحقیق حاصل پایان نامه کارشناسی ارشد می‌باشد. از مساعدت مالی دانشگاه علوم پزشکی تهران در انجام این تحقیق تشکر و قدردانی می‌گردد.

REFERENCES

1. Brumberg D, Ahram A. The National Iranian oil company in Iranian politics. Rice university-march 2007; 8: 120-140.
2. Alzubaidy H, Alzubaidy E, Aidan A, Hadaki T, kareh N. Used oil Recycling and Treatment in The United Arab Emirates Economical and Environmental Assessment 2007; 2(451): 55-60.
3. Ogbeide O S. An Investigation to the Recycling of Spent Engine oil. Journal of Engineering Science and Technology Review 2010; 3(1): 23-35.
4. Rahman M M, Siddiquee T A, Samdani S, Kabir K B. Effect of operating Variables on Regeneration of Base oil from Waste oil by Conventional Acid-clay Method. Journal of Chemical Engineering 2008; 12: 24-27.
5. Alzubaidy H, Alzubaidy E, Muhammad E. Assessment of Used Motor oil Recycling opportunity in The United Arab Emirates. Journal of king Saud University 2004; 16: 215-228.
6. Leonardo M. Hand book from the Age of oil: The Mythology, History, Future of The World's Most Controversial Resource. Journal of Petroleum Reserves 2006; P: 339-870.

7. Kolmakov G A, Grishin D F, Zorin A D, Zanozina V F. Environmental Aspect of Storage of Acid Tars and Their Utilization in Commercial Petroleum Products. *Journal of Petroleum Chemistry* 2007; 47: 379–88.
8. Habibzade F. *The First Integrated Book Landscaping*. 1st ed. Tehran: Mahabe Publication 2009; 1-100 (In Persian).
9. Tabatabayi A. *Road Pavement*. 5th ed. Tehran: Center For Academic Publication 1997; 155-170 (In Persian).
10. Haj Mohammadrezayi A, *Road and Asphalt*, Adena Publication 1998: 134. (In Persian).
11. Circular number 100/98795 Management and planning organization Of Iran 2010; 6:1.
12. Sadraddini M M, Yousefi A A, Kavosi A. Improving Bitumen Properties by Polymeric Materials Iran *Iranian Journal of Polymer Science Technology* 2002; 2: 103-119.(In Persian)
13. Behbahani H, Rahmani J, Sadegi E. labratory Assessment of Effect SBS polymer on Tension Parameters of Porous Asphalt. *Iranian Journal of Polymer Science Technology* 2002; 3: 10-19. (In Persian).
14. Ziari H, Abtahi M, Goli A. Effect of Polymer on Bitumen Properties and Its Performance Grade, *Iranian Journal of Polymer Science Technology* 2008; 3: 201-208. (In Persian).
15. Mansorian H, Tagizade M. Producing of Anionic Bitumens Emulsions and Clay Modify by Polymer. *Proceedings of 9th International Conference on Chemical Engineering, Iran Science and Industry University* 2004 Feb. 8-13; Iran. P: 3926-3933. (In Persian)
16. Rasoulzadeh Y, Mortazavi S B, Yousefi A A, Khavanin A, Kazemnejad A. Effect of Recycled Waste Polymers, Natural Bitumen and HVS Cut on The Properties of Vacuum Bottom. *Iranian Journal of Polymer Science Technology* 2010; 23(1):85-95. (In Persian)
17. Mojarradi A , Rahimi H, Bageralavi S M. Improved physical and Mechanical Properties of Clay-based Systems Using Natural Polymer Asphodel. *Proceedings of Ninth National Iranian Chemical Engineering Congress, Iran University of science and Technology* 2003 may: 8-13; Iran. P: 100-108. (In Persian).
18. Barzgari M, Yousefi A, Zeynali M. Bitumen modification via PS/PB Blend. *Iranian Journal of Polymer Science Technology* 2002; 5: 303-11. (In Persian).
19. Haddadi V, Taghdir E, Ghasri M A, Gorgi B. Effect of SBS/HVS Blend on Modification of Physical and Chemical Properties of Bituminous Emulsion Insulators. *Iranian Journal of Polymer Science Technology* 2010; 23(4): 335-44. (In Persian).
20. Hamidi Y, Sarafi A, Tahmoresi M. Effect of Addition bentonit to The Rubber Tar. *Proceedings of Twelfth National Iranian Chemical Engineering congress, Iran University of science and Technology* 2010 may; 20-25; Iran. P: 11-19. (In Persian).
21. Samsarzade M A, Bakhshandeh G, Gasemzadeh B M. The Determine The Amount of Bound Rubber as a Measure of The Interaction of Carbon Black N330, N660 With Alloys EPDM / BR, EPDM / NR, SBR/ NR,SBR/ BR. *Proceedings of Ninth National Iranian Chemical Engineering Congress, Iran University of Science and Technology* 2003 may. 8-13; Iran. P: 24 -27. (In Persian).
22. Yousefi A, Yousefi A A, Arjomand M. The Properties of Polymer –Modified Drived From Vacuum Bottom and Wastes of PE and SBR Plants. *Iranian Journal of Polymer Science Technology* 2008; 21(3): 235-41. (In Persian).
23. Mojarradi A, Rahimi H, Bageralavi S M. Investigation of Physical and Mechanical Properties of the Modified Clay Systems With Linseed oil. *Proceedings of Ninth National Iranian Chemical Engineering Congress, Iran University of Science and Technology* 2003 may. 8-13; Iran. P: 85-92. (In Persian).

24. Mojarradi A, Rahimi H, Bageralavi S M, Moshfegh N. Modified clay and Polymer-based Composites Reinforced With Natural Fibers. Proceedings of Ninth National Iranian Chemical Engineering Congress, Iran University of Science and Technology 2003 may. 8-13; Iran. P: 20-28. (In Persian).
25. Delaviz M. Examine the Practical Impact of Extension on The Properties of Polymer Asphalt Pavement due to the Climatic Conditions of Iran [dissertation]. Science Research Unit: Azad University 2010-2011; P: 82-90. (In Persian).
26. Golestani B. Investigation of The Practical Impact of Indicator Polymers on the Properties of Country Bitumens due to The climatic Conditions of Iran [dissertation]. Science Research Unit: Azad University 2010-2011; P: 88-100. (In Persian)