

مروری بر مخلوط میکروسرفیسینگ و بررسی امکان

استفاده از مواد بازیافتی در آن

مصطفی پورسلطانی، دانشجوی کارشناسی ارشد، دانشکده مهندسی عمران، دانشگاه صنعتی نوشیروانی بابل، بابل، مازندران، ایران

ابوالفضل عطالهی، دانشجوی کارشناسی ارشد، دانشکده مهندسی عمران، دانشگاه صنعتی نوشیروانی بابل، مازندران، ایران

سعید حسامی*، استادیار، دانشکده مهندسی عمران، دانشگاه صنعتی نوشیروانی بابل، بابل، مازندران، ایران

ابراهیم حسامی، استادیار، دانشکده مهندسی عمران، دانشگاه صنعتی نوشیروانی بابل، بابل، مازندران، ایران

پست الکترونیکی نویسنده مسئول: s.hesami@nit.ac.ir

دریافت: 96/01/10 - پذیرش: 96/06/28

چکیده

عملکرد موفقیت آمیز میکروسرفیسینگ در پروژه های ترمیم و نگهداری روسازی باعث ترغیب روز افزون به آن شده است. این آسفالت حفاظتی به دلیل اختلاط سرد و مصرف کم مصالح نسبت به سایر مخلوط های آسفالتی دارای مزایای زیست محیطی بسیار بیشتر و در عین حال هزینه ای کمتر است. همچنین به خاطر دوام بالا از عمر مفید مناسبی نیز برخوردار می باشد. این لایه ی حفاظتی گرچه به علت ضخامت بسیار کم دارای قابلیت باربری نمی باشد، اما برای روسازی هایی که از نظر سازه ای و یا تحمل بار ترافیکی مشکلی ندارند؛ می تواند به عنوان جایگزین مناسب روکش آسفالت، مورد استفاده قرار بگیرد. در این مقاله پس از مروری کوتاه بر مخلوط میکروسرفیسینگ و ارائه ی خصوصیات فنی و کاربردی آن، به بررسی امکان استفاده از مواد بازیافتی خرد آسفالت و خرده لاستیک در این مخلوط، براساس مطالعات انجام گرفته تاکنون پرداخته می شود. با بررسی این مطالعات نتیجه می شود که استفاده از این مواد بازیافتی می تواند باعث بهبود در ویژگی های فنی به ویژه کندروانی مخلوط گردد و توسعه ی عملکرد میکروسرفیسینگ را نیز به دنبال داشته باشد. همچنین در سال های اخیر گرایش به سمت استفاده از مخلوط های جدید میکروسرفیسینگ حاوی مواد بازیافتی وجود دارد که البته نیاز به تحقیقات بیشتری برای بررسی ویژگی های آزمایشگاهی آن ها مطابق با آیین نامه های مربوط می باشد.

واژه های کلیدی: میکروسرفیسینگ، محیط زیست، بازیافت سرد درجا، خرده آسفالت، خرده لاستیک

۱- مقدمه

بازیافت منابع به کاررفته در صنایع مختلف یکی از موثرترین راهکار های پیش رو است که در این میان، صنعت راه سازی به ویژه در کشورهای پیشرفته، با بازیافت مواد و مصالح مورد استفاده ی خود، حجم بالایی از کل مقدار بازیافت را در مقایسه با سایر صنایع به خود اختصاص داده است. به علاوه

مسائل و مشکلات زیست محیطی پیش آمده در دهه های معاصر، زنگ خطری را برای تغییر نگرش در زمینه ی استفاده از منابع طبیعی، به صدا درآورده است و موجب توجه هر چه بیشتر نهاد ها و سازمان ها به نحوه ی استفاده از منابع طبیعی و پشامد های ناشی از آن شده است.

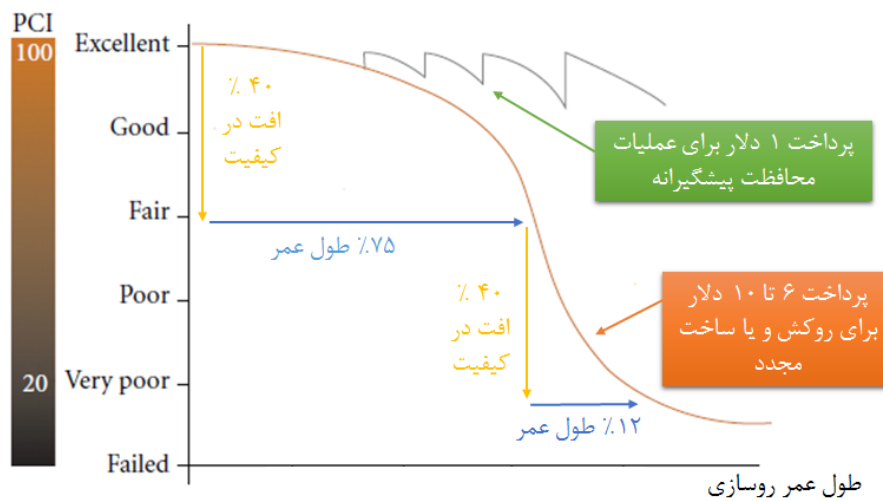
دسته‌بندی می‌شوند. نگهداری پیشگیرانه‌ی روسازی مجموعه‌ای از اقدامات برنامه‌ریزی شده است که برای بهبود شرایط روسازی و یا نگاه‌داشتن شرایط و تسهیلات حمل‌ونقلی در کیفیت خوب خدمت‌دهی اعمال می‌شود. این اقدامات در حالت کلی بر ظرفیت و مقاومت سازه‌ای راه نمی‌افزایند. اما شرایط کلی تسهیلات حمل‌ونقلی را بازیابی می‌کند (Walter and Waidelich, 2016). به عبارت دیگر محافظت پیشگیرانه به مجموعه‌ای از طرح‌های رسیدگی و ترمیم روسازی در زمان بهینه که بیشینه‌ی طول عمر مفید روسازی را نتیجه می‌دهد گفته می‌شود (Uzarowski and Bashir, 2007). برتری نگهداری پیشگیرانه در مقایسه با نگهداری اصلاحی روسازی در شکل ۱ نشان داده شده است.

امکان استفاده از مواد بازیافتی سایر صنایع نیز در آن وجود دارد. تاکنون تحقیقات زیادی در زمینه‌ی استفاده از خرده آسفالت^۱ و خرده لاستیک^۲ در صنعت راه‌سازی و به ویژه در روسازی راه‌ها انجام گرفته است و استفاده‌ی بهینه از آن‌ها در ساخت راه‌ها فواید مطلوبی را به دنبال داشته است. حال این مقاله امکان استفاده از این مواد را در روسازی نسبتاً جدید و موفق میکروسرفیسینگ مورد بررسی قرار می‌دهد. میکروسرفیسینگ یا آسفالت حفاظتی ریزدانه، یک نوع آسفالت حفاظتی است که برای نگهداری پیشگیرانه از روسازی راه مورد استفاده قرار می‌گیرد.

۲- نگهداری پیشگیرانه‌ی روسازی

اقدامات مورد استفاده برای نگهداری از راه‌ها معمولاً به

دو دسته‌ی نگهداری پیشگیرانه و نگهداری اصلاحی روسازی



شکل ۱. تغییر کیفیت روسازی با گذشت زمان پس از اجرا و مقایسه‌ی هزینه لازم برای بهبود کیفیت آن، قبل و بعد از افت شدید در کیفیت (Galehouse, Moulthrop and Hicks, 2003).

۳- معرفی مخلوط میکروسرفیسینگ

اختلاط میکروسرفیسینگ از سنگ‌دانه‌های باکیفیت بالا و قیر امولسیون بهبودیافته برای دستیابی به محصولی پایدار استفاده گردید تا امکان استفاده از سنگ‌دانه‌ها با قطره‌های مختلف، به منظور مقاومت در برابر شیارشدگی فراهم شود (Allan, 2002. ISSA, 2010a).

مخلوط میکروسرفیسینگ ابتدا در آلمان در اواخر دهه‌ی ۱۹۶۰ میلادی استفاده شد. این مخلوط باهدف ساخت یک‌لایه قیرابه‌ی نسبتاً ضخیم برای ترمیم رد چرخ‌ها و پرکردن شیارها قبل از افت شدید نشانه‌ی خدمت روسازی، در راه‌های با ترافیک زیاد گسترش یافت. بنابراین در طرح

3-1-1- خصوصیات فنی مخلوط میکروسرفیسینگ

میکروسرفیسینگ مخلوطی از قیرهای امولسیون اصلاح شده با پلیمر، مصالح سنگی صددرصد شکسته، فیلر، آب و افزودنی‌های کنترل‌کننده می‌باشد (ISSA, 1991). اختلاط مصالح با یکدیگر به صورت سرد (در دمای محیط) صورت می‌گیرد و به همین خاطر میکروسرفیسینگ یک نوع مخلوط آسفالت سرد نیز محسوب می‌شود. فیلر مورد استفاده معمولاً سیمان و در پروژه‌هایی که شرایط اجرایی اجازه دهد (امکان تخصیص زمان گیرش طولانی میسر باشد)، از آهک هیدراته استفاده می‌شود. افزودنی‌های کنترل‌کننده نیز جهت تنظیم زمان شکستن قیر امولسیون مورد کاربرد قرار می‌گیرند. شکنندگی و سختی قیر امولسیون در حلال، طی یک فرآیند الکتروشیمیایی و با از دست دادن آب حاصل می‌گردد. میکروسرفیسینگ اساساً یک نوع اسلاری سیل حاوی قیرهای امولسیونی پلیمری است که غالباً از سنگ‌دانه با کیفیت بالاتری در آن استفاده می‌شود. اگرچه مخلوط‌های اسلاری سیل تنها در ضخامتی معادل 1/5 برابر اندازه درشت‌ترین سنگ‌دانه‌ی مخلوط قابل اجرا هستند؛ استفاده از قیرهای

امولسیون پلیمری در مخلوط میکروسرفیسینگ باعث شده است تا این مخلوط بتواند به علت پایداری بیشتر در چندلایه‌ی نسبتاً ضخیم اجرا گردد. این مسئله به‌خصوص در مورد ترمیم شیارشدگی حائز اهمیت می‌باشد (راهنمای مشخصات فنی و اجرایی روکش حفاظتی میکروسرفیسینگ 1395) (Raza, 1994). هم‌چنین برخلاف آسفالت گرم که فقط در شرایط خشک (با مصالح غیرمرطوب) قابل اجرا است، میکروسرفیسینگ در دماهای مختلف (بسته به غلظت قیر امولسیون انتخاب شده) قابل اجرا می‌باشد (Raza, 1994).

3-1-1- بررسی کیفیت مصالح سنگی

سنگ‌دانه‌های مورد استفاده در میکروسرفیسینگ باید تمیز، گوشه‌دار، مقاوم و 100 درصد شکسته باشند. برای اطمینان از شکستگی سنگ‌دانه‌ها، مصالح سنگی مادر بایستی از بزرگ‌ترین سنگ‌دانه‌ی موجود در دانه‌بندی بزرگ‌تر باشند (ISSA, 2010b). کیفیت سنگ‌دانه‌های مصرفی از طریق آزمایش‌های مذکور در جدول 1 مورد بررسی قرار می‌گیرد.

جدول 1. ویژگی سنگ‌دانه‌های مورد نیاز (ISSA, 2010b)

مشخصات	روش آزمایش		آزمایش
	AASHTO	ASTM	
حداقل 65	T 176	D 2419	ارزش ماسه‌ای خاک‌ها و سنگ‌دانه‌های ریز
حداکثر سلامت 15 درصد با استفاده از Na_2SO_4 حداکثر سلامت 25 درصد با استفاده از $MgSO_4$	T 104	C 88	آزمایش سلامت سنگ‌دانه‌ها
حداکثر 30	T 96	C 131	آزمایش سایش لس‌آنجلس روی مصالح سنگی مادر

3-1-2- کنترل کیفیت قیر امولسیون

قیر امولسیون مورد استفاده بایستی با پلیمر اصلاح گردد، برای این منظور حداقل 3 درصد پلیمر جامد (نسبت به وزن قیر) بایستی در نظر گرفته شود (ISSA, 2010b). جدول 2. ویژگی‌های مطلوب برای قیر امولسیون را بیان می‌کند.

علاوه بر کیفیت مصالح سنگی، میکروسرفیسینگ باید از سنگ‌دانه‌های خوب دانه‌بندی شده برای اختلاط استفاده نماید.

جدول 2. ویژگی های قیر امولسیون مورد نیاز (ISSA, 2010b)

آزمایش	روش آزمایش		مشخصات
	AASHTO	ASTM	
پایداری در برابر نشست در شرایط انبار داری بعد از 24 ساعت	T 59	D 6930	حداکثر 1 درصد
تقطیر قیر امولسیون*	T 59	D 6997	حداقل 62 درصد
آزمایش روی باقیمانده قیر امولسیون			
نقطه نرمی قیر (آزمایش گلوله و حلقه)	T 53	D 36	حداقل 57 درجه سانتی گراد
نفوذ مصالح قیری در 25 درجه سانتی گراد	T 49	D 5	40-90**

* درجه حرارت برای این آزمایش باید به مدت 20 دقیقه در دمای 177 درجه سانتی گراد نگاه داشته شود.

** شرایط آب و هوایی زمانی که این بازه برقرار است باید در نظر گرفته شود.

اگر آزمایش حلالیت مورد نیاز باشد بایستی روی قیر پایه انجام شود.

جدول 3. آزمایش های توصیه شده برای طراحی مخلوط میکروسرفیسینگ (ISSA, 2010b)

آزمایش	شماره فنی ISSA	مشخصات	کاربرد (Raza, 1994)
آزمایش چسبندگی اصلاح شده ^۳ حداقل 30 دقیقه حداقل 60 دقیقه	TB 139	حداقل 12 کیلوگرم سانتی متر حداقل ۲۰ کیلوگرم سانتی متر و یا حالت نزدیک به چرخش	ارزیابی زمان گیرش مخلوط ارزیابی زمان بازگشایی اولیه ترافیک
آزمایش سایش چرخ در شرایط مرطوب ^۴ 1 ساعت فرورده در آب 6 روز فرورده در آب	TB 100	حداکثر 538 گرم بر مترمربع حداکثر 807 گرم بر مترمربع	ارزیابی مقاومت در برابر سایش ارزیابی مقاومت در برابر رطوبت
آزمایش بارگذاری چرخ چندلایه ^۵ تغییر مکان جانبی وزن ویژه بعد از 1000 سیکل تحت وزنه 56.71 کیلوگرم	TB 147	حداکثر 5 درصد حداکثر 2.1	ارزیابی مقاومت در برابر شیارشدگی و تغییر شکل های جانبی
آزمایش عریان شدگی مرطوب ^۶	TB 114	پوشش قیر باقیمانده ، حداقل 90 درصد	ارزیابی به هم پیوستگی قیر و سنگ دانه
آزمایش سازگاری طبقه بندی ^۷	TB 144	حداقل ، مجموع نمره 11	ارزیابی سازگاری نسبی بین مصالح سنگی، فیلر و قیر باقیمانده امولسیون
آزمایش بارگذاری چرخ ^۸	TB 109	حداکثر 538 گرم بر مترمربع	ارزیابی استعداد قیرزدگی
آزمایش مدت زمان اختلاط ^۹ در 25 درجه سانتی گراد	TB 113	حداقل ۱۲۰ ثانیه اختلاط	ارزیابی مدت زمان شکست مخلوط

3-1-3- آزمایش‌های عملکردی برای تائید مخلوط

میکروسرفیسینگ

عملکرد کوتاه‌مدت و بلندمدت مخلوط میکروسرفیسینگ، بایستی از طریق استانداردهای موجود مورد ارزیابی قرار گیرد. دو نوع استاندارد ISSA A 143 و ASTM D 6372 به‌طور عمده مورد استفاده شرکت‌های اجرایی می‌باشد که در این مقاله به‌صورت اجمالی آزمایش‌های طرح شده در استاندارد ISSA A 143 در جدول 3 ذکر گردیده است.

3-2- ویژگی‌ها و مزایای استفاده از مخلوط

میکروسرفیسینگ

میکروسرفیسینگ به‌دلیل نیاز به زمان نسبتاً کم برای بازگشایی ترافیک، مناسب برای جاده‌های با ترافیک سریع و زیاد می‌باشد (Watson and Jared, 1998). اصلاح قیر امولسیون با پلیمر، باعث افزایش سرعت‌گیرش مخلوط در هنگام عمل‌آوری گردیده تا جایی که حداکثر یک ساعت پس از پخش مخلوط، امکان بازگشایی ترافیک فراهم می‌گردد. عمل‌آوری سریع، هم‌چنین موجب پیشرفت روزانه قابل ملاحظه‌ای در عملیات اجرا می‌گردد و نیز امکان اجرا در طیف گسترده‌ای از نظر دمایی، اقلیمی و حتی تاریکی شب را فراهم می‌آورد (Morian and Dennis, 2011. Labi, Lamptey and Kong, 2007. Kumar and Rynthathiang, 2012). میکروسرفیسینگ به‌صورت معمول می‌تواند در برابر یک بارش سبک پس از 3 ساعت از عملیات اجرا، مقاومت کند. اگرچه وقوع یک بارش شدید به همراه ترافیک سنگین قبل از عمل‌آوری کامل مخلوط می‌تواند به سطح روسازی به‌خصوص در پیچ‌ها صدمه وارد کند (CDOT, 2009). هم‌چنین از این مخلوط به علت وزن مرده ناچیز برای روکش عرشه‌ی پل‌های بتنی استفاده می‌شود (Olsen, 2008). علاوه بر آن برای روکش باند پرواز فرودگاه‌ها به خاطر فراهم آوردن اصطکاک و قابلیت دید بالا مورد استفاده قرار گرفته است (ETL, 2011. Zhao, Wang

and Zhang 2010. Hajek, Hall and Hein, 2011).

از دیگر کاربردهای میکروسرفیسینگ می‌توان به امکان استفاده به‌عنوان سیل‌کت‌های سطحی، مواد پرکننده محل‌های خط افتادگی چرخ، زبر کردن سطح راه، پرکردن منافذ رویه‌های آسفالتی و اصلاح شیب عرضی روسازی اشاره نمود. در بعضی موارد هم میکروسرفیسینگ برای اهدافی مانند اصلاح قیرزدگی، اصلاح شن زدگی، اجرای قشر رگلاژی، پرکردن ترک‌ها، پرکردن فضاهای خالی و چاله‌های کم‌عمق و لکه‌گیری چاله‌های با ابعاد محدود مورد استفاده قرار گرفته است (Raza, 1994).

میکروسرفیسینگ به دلایل عمده‌ی اختلاط سرد، مصرف بسیار کم مصالح و عمر مفید نسبتاً بالا صرفه‌ی اقتصادی مناسبی را با خود به همراه دارد. هزینه‌ی اجرای هر مترمربع میکروسرفیسینگ در ایران تقریباً یک‌پنجم هزینه‌ی اجرای روکش گرم است. هم‌چنین این مخلوط با مصرف حداقل انرژی و دست‌درازی کمتر به منابع طبیعی باعث آلودگی کمتر محیط‌زیست می‌شود. این عوامل باعث شده است که میکروسرفیسینگ در مقایسه با سایر روش‌های ترمیم و یا ساخت روسازی هزینه‌ی چرخه‌ی عمر کمتری را نیز به دنبال داشته باشد (Uhlman, et al., 2010. Workman, 2016).

3-3- شرایط و زمان مناسب اجرای میکروسرفیسینگ

تعداد بسیار زیادی از مطالعات موردی وجود دارد که عملکرد میکروسرفیسینگ اجرا شده را خیلی خوب گزارش کرده‌اند به شرطی که میکروسرفیسینگ در راهی با وضعیت مناسب برای عملیات ترمیم و نگهداری، در زمان مناسب و برای خرابی‌های مناسب مورد استفاده قرار بگیرد (Kim, et al., 2015). میکروسرفیسینگ همانند سایر آسفالت‌های حفاظتی به علت ضخامت بسیار کم برای پیشگیری از خرابی‌های مربوط به بارگذاری مؤثر نمی‌باشد. هم‌چنین برای محافظت سودمند از روسازی، باید در زمان مناسب اجرا شود. اجرای زود هنگام می‌تواند از سفت شدن روسازی

موجود برای مقاومت در برابر تغییر شکل‌های ناشی از بارگذاری ترافیکی جلوگیری نماید. تأخیر زیاد هم در اجرای آن باعث کاهش کارایی مخلوط می‌گردد (ETL, 2011). جدول 4. زمان مناسب برای اجرای میکروسرفیسینگ و هم‌چنین زمان مناسب تجدید آن را پیشنهاد می‌دهد. میکروسرفیسینگ نباید در شرایطی که دمای روسازی یا هوا 10 درجه یا رو به کاهش باشد اجرا گردد. اما در شرایطی که دمای هوا و روسازی 7 درجه یا رو به افزایش باشد، می‌توان میکروسرفیسینگ را اجرا کرد. در شرایطی که انتظار می‌رود

24 ساعت پس از اجرا، یخبندان رخ دهد هیچ اقدامی نباید صورت گیرد. میکروسرفیسینگ در شرایطی که وضعیت آب و هوایی بازگشایی ترافیک را به تأخیر می‌اندازد، نباید اجرا گردد (ASTM, 2015). اجرای میکروسرفیسینگ فقط برای روسازی‌هایی توصیه می‌شود که از لحاظ سازه‌ای مشکلی نداشته باشند (Raza, 1994)؛ بنابراین برای روسازی‌های به‌شدت ترک خورده و یا فرسوده، اجرای میکروسرفیسینگ نمی‌تواند خیلی سودمند باشد.

جدول 4. راهنمای خلاصه برای زمان اجرا و تجدید میکروسرفیسینگ (ETL, 2011)

زمان برای اعمال دوباره (Hicks, Seeds and Peshkin, 2000)	زمانی که نباید اجرا شود	زمان اجرا	روش
3-9 سال	گسترش ترک‌های بلوکی و یا زمانی که بیشتر از 75 درصد ترک‌های طولی / عرضی دارای حداقل شدت متوسط هستند.	از گسترش ترک‌های طولی و عرضی تا آشکار شدن اولین ترک‌های طولی / عرضی با شدت متوسط و زیاد و یا اولین شن زدگی / فرسودگی با شدت متوسط و زیاد	میکروسرفیسینگ

حدود 80 تا 85 درصد در بازیافت گرم یا سرد آسفالت، مجدداً مورد استفاده قرار می‌گیرند و یا به‌عنوان مصالح سنگی در اساس راه‌ها و یا برای تثبیت آن به‌کار می‌روند (Bloomquist, et al., 1993. Bleakley and Cosentino, 2013. Carvalho, et al., 2010). برخی از محققان در مورد روسازی‌های آسفالتی حاوی مواد خرده آسفالت به این نتیجه رسیده‌اند که فرایند پیرشدگی در این روسازی‌ها در مقایسه با روسازی‌های بدون مواد خرده آسفالت با سرعت کمتری به جریان می‌افتد (Dhananjay, et al., 2016a). استفاده از 20 تا 50 درصد خرده آسفالت در مخلوط‌های آسفالت گرم، صرفه‌جویی بین 14 تا 34 درصد را در رابطه با هزینه‌ی تهیه‌ی مصالح، به دنبال داشته است (Kandhal and Mallick, 1997). به کاربردن خرده آسفالت در مخلوط میکروسرفیسینگ نیز می‌تواند موجب کاهش مصرف مصالح تازه، کاهش هزینه‌ی تمام شده و تا

3-4- بررسی استفاده از مواد خرده آسفالت در مخلوط میکروسرفیسینگ

خرده آسفالت مواد ضایعاتی هستند که بعد از تراشیدن روسازی‌های قدیمی، یا برای استفاده‌ی مجدد بازیافت می‌گردند و یا در کنار راه دور ریخته می‌شوند. در سال‌های اخیر گرایش به استفاده‌ی مجدد از خرده آسفالت در راه‌سازی افزایش یافته است (Mhlongo, et al., 2014. Smith, 2001). قابلیت باربری، مزیت اقتصادی، کاهش آلودگی محیط‌زیست و حفظ منابع طبیعی از جمله عوامل مشوق برای بازیافت آسفالت به شمار می‌رود (Dhananjay, et al., 2016a. McDaniel and Anderson, 2001). در آمریکا سالانه حدود 45 میلیون تن خرده آسفالت تولید می‌گردد (Kassim and Williamson, 2005)؛ که از این مقدار

اندازه ای باعث حل معضلات زیست محیطی ناشی از تولید خرده آسفالت گردد. علاوه بر آن از خرده آسفالت می توان برای اصلاح برخی از خواص مخلوط میکروسرفیسینگ استفاده کرد. قیر امولسیون به کاررفته در تهیه ی مخلوط میکروسرفیسینگ باید از نوع کاتیونیک تند شکن باشد. در صنعت، برای تولید قیر امولسیون کاتیونیک تند شکن از امولسیون کردن قیر با درجه نفوذ متوسط به بالا (نرم) استفاده می شود. چرا که امولسیون کردن قیر با درجه نفوذ پایین (سفت) کار بسیار دشواری است و مشکلاتی را برای پایداری در شرایط نگهداری و شکستن سریع قیر امولسیون به وجود می آورد. در نتیجه قیر امولسیون حاصل شده از قیر نرم استعداد شیار افتادگی در مخلوط میکروسرفیسینگ، را به خصوص در شرایط ترافیک سنگین افزایش می دهد (Robati, et al., 2014). حال در صورت وجود خرده آسفالت در مخلوط، قیر امولسیون قسمتی از قیر پیر شده (سفت شده) دور سنگدانه ی قیری را، در خود حل می کند و موجب افزایش کندروانی و سفت شدن نسبی قیر نهایی می گردد این فرایند می تواند موجب افزایش مقاومت مخلوط در برابر تغییر شکل به ویژه در ماه های اول پس اجرا شود. اخیرا گزارش هایی از استفاده ی موردی مواد خرده آسفالت در مخلوط میکروسرفیسینگ منتشر شده است. در این موارد کیفیت روکش اجرا شده، مطلوب ارزیابی شده و حتی پایداری رنگ تیره ی سطح نهایی با گذشت زمان، بهتر از مخلوط های مرسوم میکروسرفیسینگ بیان گردیده است (Matthews, 2016. Metcalf, 2016).

3-4-1- بررسی کاربرد فناوری میکروسرفیسینگ در فرایند بازیافت سرد درجا

با توجه به عملکرد خوب میکروسرفیسینگ در پروژه های تعمیر و نگهداری روسازی به نظر می رسد استفاده از آن در فرایند بازیافت سرد درجا باعث بهبود عملکرد روسازی اجرا شده گردد. به خصوص در روسازی هایی که از لحاظ سازه ای هنوز سالم هستند اما سطح روسازی

با گذشت زمان و بارگذاری مکرر دچار فرسودگی شده است. از آنجایی که واحد اجرایی میکروسرفیسینگ عمل اختلاط مصالح و همچنین پهن کردن آن ها روی سطح روسازی را به صورت هم زمان انجام می دهد، می تواند باعث کاهش تعداد واحدهای لازم برای اجرای بازیافت سرد درجا شود. علاوه بر این، روکش حاصل، بعد از پهن شدن نیازی به عبور غلتک نداشته و پس از طی مدت زمان لازم برای بازگشایی ترافیک، عبور وسایل نقلیه برای متراکم کردن آن کافی می باشد. در ضمن ترک خوردگی انعکاسی که رایج ترین نقص گزارش شده بعد از اجرای میکروسرفیسینگ می باشد (Kim, et al., 2015)؛ با تراشیدن سطح روسازی که در فرایند بازیافت سرد درجا صورت می گیرد تا حدود زیادی مرتفع می گردد. البته تاکنون گزارشی از استفاده ی مستقیم واحد میکروسرفیسینگ به عنوان واحد اختلاط و پخش مصالح در فرایند بازیافت سرد درجا وجود ندارد. بعضی از مراجع مخلوط میکروسرفیسینگ را به عنوان سطح نهایی روسازی بعد از عملیات بازیافت سرد درجا توصیه نموده اند. چراکه روکش آسفالتی سرد مستعد نفوذ رطوبت و شن زدگی است (OPS, 2015). از این رو میکروسرفیسینگ به خاطر خاصیت آب بندی مناسب می تواند به عنوان پوشش روی روکش آسفالتی سرد قرار گیرد (Pederson, Schuller and Hixon, 1988). طبق گزارشی، استفاده از میکروسرفیسینگ به عنوان پوشش بعد از عملیات بازیافت سرد درجا به خاطر جلوگیری از رفت و آمد متعدد ماشین آلات راه سازی، در مقایسه با روکش گرم هزینه و آلودگی زیست محیطی کمتری را نیز به دنبال داشته است (CDOT, 2012). بنابراین نیاز به انجام مطالعاتی کامل تر در این زمینه احساس می شود. هم چنین خصوصیات مخلوط میکروسرفیسینگ حاوی خرده آسفالت و عملکرد آن نیز، بایستی مورد تحقیق و بررسی قرار بگیرد.

تعدادی از مطالعات در سال های اخیر، تأثیر استفاده از درصد های مختلف خرده آسفالت را به عنوان جایگزین سنگدانه و یا بخشی از آن در مخلوط میکروسرفیسینگ،

بررسی نموده‌اند. نتایج حاصل از این مطالعات کمی متفاوت از یکدیگر می‌باشد. در بعضی از مقالات استفاده‌ی 30 درصدی و یا 100 درصدی خرده آسفالت، در عوض سنگ‌دانه‌ی تازه در مخلوط میکروسرفیسینگ، نتوانسته است تعدادی از معیارهای آیین‌نامه را برآورده کند (Garfa, Dony and Carter, 2016, Jiang, 2015). اما در یکی از مقالات به‌کارگیری 100 درصدی خرده آسفالت، در عوض سنگ‌دانه‌ی تازه در مخلوط میکروسرفیسینگ، تمام معیارهای آیین‌نامه را برآورده کرده است (Robati, Carter and Perraton, 2013). این موضوع به نوع و دانه‌بندی مصالح خرده آسفالت، نوع و درصد قیر امولسیون، مواد افزودنی و همچنین مقدار آب به‌کاررفته در مخلوط بستگی دارد. برای بهتر مشخص شدن تأثیر هر یک از عوامل بایستی مطالعات بیشتری در این زمینه انجام شود. یک مسئله که به‌طور مشخص از به‌کار بردن خرده آسفالت در میکروسرفیسینگ گزارش شده است طولانی شدن زمان گیرش مخلوط و زمان لازم برای بازگشایی ترافیک است. زمان گیرش و زمان لازم برای بازگشایی ترافیک از عوامل مهم در فرایند اجرای میکروسرفیسینگ به‌حساب می‌آیند و طولانی شدن آن‌ها می‌تواند مشکلاتی را به‌خصوص برای مسیرهای پرترافیک به وجود آورد. عامل مهمی که به نظر می‌رسد باعث ایجاد تأخیر در زمان گیرش می‌شود، عدم چسبندگی مناسب بین قیر پیر شده‌ی خرده آسفالت و قیر جدید است. برای رفع این مشکل استفاده از مواد جوانساز¹⁰ برای بهبود خواص اولیه مخلوط میکروسرفیسینگ حاوی خرده آسفالت، می‌تواند مورد بررسی قرار گیرد (Garfa, Dony and Carter, 2016).

3-4-2- استفاده از مواد جوانساز برای بهبود خواص

اولیه مخلوط های سرد حاوی خرده آسفالت

مواد جوانساز غالباً مواد روغنی هستند که باهدف برگرداندن نسبت مالتن (قسمت روغنی قیر) به آسفالتن (قسمت جامد قیر) روسازی‌های آسفالتی قدیمی به کار

می‌روند. هر چه آسفالت قدیمی‌تر می‌شود این نسبت به‌دلیل تبخیر گازهای روغنی و تبدیل قسمت روغنی به جامد (پیرشدن قیر) کاهش می‌یابد. این عمل به‌مرور زمان بسیاری از خرابی‌های روسازی را موجب می‌گردد. در مورد عملکرد جوانساز و خرده آسفالت در مخلوط‌های آسفالتی نظریات متفاوتی وجود دارد. اما طبق مشاهدات میدانی و آزمایشگاهی، می‌توان گفت که پس از ترکیب شدن آن‌ها با هم، قسمتی از قیر موجود در خرده آسفالت غیرفعال باقی می‌ماند اما قسمت دیگر با قیر امولسیونی تازه اضافه شده، ترکیب می‌گردد و یک قیر مؤثر جدید را به وجود می‌آورد (Bicheron, Migliori and Brule, 1993). استفاده از جوانساز باعث تحریک و بهبود سفتی بالای مواد خرده آسفالت می‌گردد و با کاهش کندروانی و افزایش شکل پذیری، استعداد ترک خوردگی آن را کاهش می‌دهد (Dhananjay, et al., 2016b. Ongel and Hugener, 2016). Ali, et al., 2015). اگرچه تاکنون استفاده از مواد جوانساز در مخلوط‌های آسفالت گرم متداول بوده است اما با توجه به مسائل و مشکلات زیست‌محیطی در دهه‌های اخیر، مطالعاتی نیز در زمینه اختلاط سرد مواد جوانساز با مخلوط‌های آسفالتی، در سال‌های گذشته صورت گرفته است. این مواد می‌توانند به دو طریق به مخلوط آسفالت سرد اضافه شوند: اختلاط مستقیم با خرده آسفالت و یا به‌صورت ترکیبی از جوانساز و قیر امولسیون (Davidson, 2005).

در مطالعه‌ای تأثیر به‌کار بردن مستقیم روغن جوانساز با پایه‌ی گیاهی در مخلوط آسفالت سرد با 100 درصد خرده آسفالت بررسی شد. در این مطالعه با انجام آزمایش میدانی استعداد شیارشدگی نمونه‌های آسفالت سرد و گرم توسط دستگاه شبیه‌ساز بارگذاری MMLS3 اندازه‌گیری گردید. نتایج حاصل حاکی از آن است که رفتار شیارشدگی نمونه‌های آسفالت سرد تفاوت چندانی با نمونه‌های آسفالت گرم ندارد. همچنین قیمت تمام‌شده‌ی پایین روغن جوانساز، استفاده از آن را جذاب‌تر می‌کند (Hugenera, Partla and Morantb, 2014). در مطالعه‌ای دیگر مخلوطی از 100

نیاز به انجام تحقیقاتی خصوصاً در شرایط ترافیک سنگین جهت بهبود عملکرد این آسفالت حفاظتی الزامی به نظر می‌رسد (Zhang and Tian, 2014). این مسئله می‌تواند به خاطر کاهش کندروانی قیر در دمای بالا و نیز کاهش مقاومت آن در برابر بارگذاری‌های اعمال‌شده به خصوص در شرایط ترافیک سنگین باشد که بررسی آن نیاز به انجام تحقیقات میدانی و آزمایشگاهی را پررنگ‌تر می‌کند.

بنابراین بایستی راهکاری را جهت مقابله با روان شدن مخلوط میکروسرفیسینگ و نیز افزایش مقاومت مخلوط در برابر تغییرشکل‌های به وجود آمده تحت بارگذاری‌ها ارائه نمود که علاوه بر بهبود کیفیت مخلوط در شرایط بارگذاری سنگین و نیز دمای بالا، مانع از سفتی بیش‌ازاندازه و شکنندگی مخلوط میکروسرفیسینگ، به ویژه در دمای پایین گردد. از دیگر سو، آلودگی‌های زیست‌محیطی فراوان یکی از مسائل پیش روی جوامع می‌باشد و از جمله این مشکلات، لاستیک‌های فرسوده‌ای است که هر ساله مقدار آن‌ها با توجه به رشد تولیدات وسایل نقلیه، رو به افزایش است. برای مثال طبق آمارهای ارائه‌شده، کشوری همچون چین در سال 2002 به تعداد 80 میلیون حلقه لاستیک تولید کرده است که با نرخ رشد 12 درصدی، تا سال 2010 حدوداً به 200 میلیون تیر فرسوده رسیده است (Cao, 2007) و حتی جمعیت حدوداً 70 میلیونی ایران نیز طی سال‌های 1385 تا 1389، به‌طور متوسط، 230 هزار تن لاستیک استفاده کرده است (حیدری ساری و همکاران، 1390) که این اعداد و ارقام در مقیاس جهانی برای سال 2011 میلادی، 1.6 میلیارد حلقه تیر برآورد شده است که پیش‌بینی می‌شود تا سال 2026 پیشرفتی 60 درصدی یعنی 2.28 میلیارد حلقه تیر را در پی خواهد داشت. بنابراین استفاده مجدد از این لاستیک‌های فرسوده امری حیاتی تلقی می‌شود، یکی از روش‌هایی که مورد توجه متخصصان قرار گرفته است، استفاده مجدد از این مواد زائد در صنعت راه‌سازی می‌باشد (حیدری ساری و همکاران، 1390). از طرفی عملکرد ضعیف و خرابی‌های زودرس برخی مخلوط‌های قیری

درصد خرده آسفالت به‌عنوان مصالح سنگی، و امولسیون قیری ترکیب شده با روغن جوانساز به‌صورت اختلاط سرد، ساخته شد و به‌طور موفقیت‌آمیز اجرا گردید. در ارزیابی میدانی نتایج آزمایشگاهی تائید و خواص اولیه مخلوط بسیار امیدوارکننده گزارش شد (Esenwa, et al., 2013). بنا بر موارد ذکرشده استفاده از مواد جوانساز در مخلوط آسفالت سرد می‌تواند خواص و کارایی این مخلوط را بهبود بخشد. از این رو مخلوط میکروسرفیسینگ حاوی خرده آسفالت نیز می‌تواند با یک مقدار مواد جوانساز مناسب، عملکرد موفقیت‌آمیزی داشته باشد و بنابراین با حفاظت بیشتر از منابع و جلوگیری از آلودگی بیشتر محیط‌زیست، راه را برای توسعه‌ی روش‌های دوست دار محیط‌زیست، هموارتر کند.

3-5- استفاده از خرده لاستیک در مخلوط میکروسرفیسینگ

ارزیابی خرابی‌های روسازی و راه‌های مقابله با آن‌ها از نکات مورد توجه در صنعت راه‌سازی می‌باشد، که در این بین یکی از فراگیرترین خرابی‌ها، پدیده شیارشدگی است. این خرابی که می‌تواند در اثر عوامل گوناگونی از جمله ترافیک سنگین و یا بستر ضعیف به وجود آید (Broughton, Lee and Kim, 2012)، راه‌کارهای گوناگونی را به دنبال داشته است. از جمله‌ی این راه‌کارها استفاده از آسفالت حفاظتی میکروسرفیسینگ می‌باشد. اگرچه این روش یکی از معمول‌ترین روش‌های برطرف کردن شیارشدگی به وجود آمده در سطح روسازی موجود می‌باشد ولی براساس برخی مطالعات صورت گرفته در شرایط دمایی و بارگذاری مشابه، میزان شیارشدگی به وجود آمده در سطح روسازی، قبل و بعد از اعمال میکروسرفیسینگ، تقریباً مقدار یکسانی دارد و تغییرشکل‌های افقی و قائم یکسانی در دو حالت مذکور رخ می‌دهد. البته می‌توان ادعا داشت که میکروسرفیسینگ باعث به تأخیر افتادن ایجاد شیارشدگی می‌شود ولی باین وجود،

4- نتیجه گیری

با توجه به این که مسئله‌ی بهسازی و حفظ راه‌های موجود، در کشورهای درحال توسعه از اهمیت بالایی برخوردار می‌باشد، تحقیق درباره‌ی روش‌های نوین ترمیم و نگهداری ضروری به نظر می‌رسد. از میان روش‌های گوناگون ترمیم و نگهداری، میکروسرفیسینگ دارای استعداد فراوانی برای تحقق این مسئله می‌باشد. از جمله مزایای استفاده از فناوری میکروسرفیسینگ، می‌توان به حفظ هرچه بیشتر محیط‌زیست با مصرف بسیار کم مصالح و آلودگی حداقل هوا، هزینه‌ی پایین و عمر مفید مناسب به دلیل دوام بالا اشاره نمود. حال به‌کار بردن مواد بازیافتی خرده آسفالت و خرده لاستیک در این مخلوط می‌تواند باعث حفظ بهتر محیط‌زیست با به حداقل رساندن مصرف مصالح تازه و کاهش معضلات ناشی از تولید این مواد، کاهش بیشتر هزینه و حتی افزایش عمر مفید روکش اجراشده در صورت استفاده‌ی مناسب از این مواد گردد.

از جمله مزایای دیگر مورد انتظار به‌کارگیری خرده آسفالت در مخلوط میکروسرفیسینگ می‌توان به بهبود خواص کندروانی مخلوط و کاهش استعداد شیارشدگی به‌خصوص در ماه‌های اول پس از اجرا، توسعه‌ی کاربرد فناوری میکروسرفیسینگ در فرایند بازیافت سرد درجا و همچنین قابلیت دیداری بیشتر روکش اجراشده نسبت به مخلوط‌های مرسوم اشاره کرد. استفاده از خرده لاستیک در مخلوط میکروسرفیسینگ نیز همانند استفاده از خرده آسفالت می‌تواند موجب بهبود تغییرشکل‌های دائمی و پدیده شیارشدگی گردد. به علاوه کاهش روزدگی قیر، بهبود آلودگی صوتی ایجاد شده در اثر عبور وسایل نقلیه و انعطاف پذیری بهتر مخلوط به ویژه در دماهای پایین، از جمله ویژگی‌های مورد انتظار در جهت بهبود عملکرد میکروسرفیسینگ می‌باشد.

محققان را به سمت بهبود عملکرد قیر و افزایش عمر خدمت‌دهی مخلوط قیری متمایل نموده است. در همین راستا، امکان استفاده از افزودنی‌های قیر، ایده استفاده از ضایعات پلیمری را به وجود آورد و بنابراین آسفالت لاستیکی به دلیل استفاده از ضایعات تایرهای فرسوده، کمک به محیط زیست و دارا بودن خصوصیات مناسب برای اصلاح مخلوط‌های قیری مورد توجه قرار گرفت (Tortum, 2005).

(Celik and Aydin, 2005)

با نگاهی بر به‌کارگیری خرده لاستیک در روسازی راه‌ها، استفاده از آن در آب‌بندی‌ها، وصله‌کاری‌ها و حتی در ساخت روکش‌های آسفالتی، غشاهای جاذب تنش (SAM) و غشاهای جاذب تنش میان لایه‌ای (SAMI) و دیگر مخلوط‌های آسفالتی به چشم می‌خورد (CDOT, 2003)؛ که تأثیرات مثبتی همچون بهبود دوام، کاهش ترک‌های انعکاسی، افزایش مقاومت خستگی، افزایش مقاومت لغزندگی و مقاومت در برابر شیارشدگی را در پی داشته است (Palit, Reddy and Pandey, 2004). از این‌رو با توجه به عملکرد مثبت گزارش شده از خرده لاستیک ابتکار استفاده از آن در میکروسرفیسینگ نیز مورد توجه راه‌سازان قرار گرفته است که البته نتایج مطلوبی نیز در راستای بهبود آلودگی‌های صوتی به دنبال داشته است (Cao, 2007). حال با توجه به مطالب ذکر شده در مورد خرده لاستیک استفاده از آن در میکروسرفیسینگ می‌تواند باعث افزایش کندروانی و سفتی مخلوط گردد و علاوه بر حفظ روسازی از روزدگی قیر در دماهای بالا، موجب کاهش پدیده شیارشدگی و یا به تعبیری افزایش مقاومت در برابر تغییرشکل‌ها گردد. برای مشخص کردن این ویژگی‌ها و اینکه تا چه اندازه خرده لاستیک بر خواص فیزیکی و حتی شیمیایی مخلوط نهایی و عملکرد میدانی کوتاه‌مدت و بلندمدت آن تأثیرگذار خواهد بود، نیاز به بررسی‌های آزمایشگاهی مطابق با استانداردهای موجود می‌باشد.

-Bleakley, Albert Marshall, Cosentino and Paul J. (2013), "Improving properties of reclaimed asphalt pavement for roadway base applications through blending and chemical stabilization", Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board, Washington, D.C., No. 2335, pp.20-28.

-Bloomquist, D., Diamond, G., Oden, M., Ruth, B. and Tia, M. (1993) "Engineering and Environmental Aspects of Recycling Materials for Highway Construction", Washington, DC, Federal Highway Administration and U.S. Environmental Protection Agency.

-Broughton, Ben, Lee, Soon-Jae and Kim, Yoo-Jae (2012), "30 years of microsurfacing: a review", International Scholarly Research Notices, No. 2012, Article ID 279643, 7 pages.

-Cao, Weidong (2007), "Study on properties of recycled tire rubber modified asphalt mixtures using dry process", Journal of Construction and Building Materials.

-Carvalho, Regis L, Shirazi, Hamid, Ayres Jr, Manuel and Selezneva, Olga (2010), "Performance of recycled hot-mix asphalt overlays in rehabilitation of flexible pavements", Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board, No. 2155, pp. 55-62.

-CDOT. (2003), "Asphalt rubber usage guide", State of California Department of Transportation.

-CDOT. (2009), "Maintenance Technical Advisory Guide", Flexible Pavement Preservation, 2nd, (MTAG-FP), Chapter 9: "Microsurfacing", Sacramento, California Department of Transportation.

-CDOT. (2012), "CIR plus microsurfacing get the job done", Colorado Asphalt Pavement Association.

-Davidson, J. K. (2005), "Progress in cold mix process in Canada", Proceeding Canadian Technical Asphalt Association, pp. 138-157.

- 1-Reclaimed Asphalt Pavement (RAP)
- 2-Crumb Rubber
- 3-Modified Cohesion Test
- 4-Wet Track Abrasion Test
- 5-Multilayer Loaded Wheel Test
- 6-Wet Stripping Test
- 7-Classification Compatibility Test
- 8-Loaded Wheel Test
- 9-Mix Time Test
- 10-Rejuvenator
- 11-Stress Absorbing Membrane
- 12-Stress Absorbing Membrane Interlayer

6- مراجع

-اداره کل نگهداری راهها، (1395)، "راهنمای مشخصات فنی و اجرایی روکش حفاظتی میکروسرفیسینگ".

-حیدری ساری، م.، منوچهر، ر.، محمدی، ر.، فلاحی پیروز، غ. ر. و خداوردی، ا.، (1390)، "بررسی و تحلیل صنعت لاستیک خودرو"، گروه مشاوران تدبیرگران (TCG)، تهران، سازمان حمایت مصرف کنندگان و تولید کنندگان.

-Ali, Ayman W., Mehta, Yusuf A., Nolan, Aaron, Purdy, Caitlin and Bennert, Thomas (2016), "Investigation of the impacts of aging and RAP percentages on effectiveness of asphalt binder rejuvenators", Journal of Construction and Building Materials, No. 110, pp. 210-217.

-Allan, G. (2002), "History of slurry and the international slurry surfacing association", In Proceedings of the International Slurry Surfacing Association's 5th World Congress, Berlin.

-ASTM, (2015), "Standard practice for design, testing, and construction of microsurfacing", In Annual Book of ASTM Standards, American Society for Testing and Materials.

-Bicheron, G., Migliori F. and Brule B. (1993), "Bitume regenerere ou bitume + regenerant?", bulletin de liaison des laboratoires des ponts et chaussees, Institut Francais des Sciences et Technologies des Transports, de l'Aménagement et des Réseaux (IFSTTAR), No. 183, pp. 83-88.

vegetable oil-based rejuvenators", *Road Materials and Pavement Design*, No. 2, pp. 239-258.

-ISSA. (2010a), "Inspector's Manual for Slurry Systems", Annapolis, Md.: Published by International Slurry Surfacing Association, pp. 106.

-ISSA. (2010b), "Recommended Performance Guideline For Micro Surfacing", A143 Revised February, Published by International Slurry Surfacing Association.

-ISSA. (1991), "Recommended performance guidelines for micro-surfacing leaflet a 143 (revised)", International Slurry Surfacing Association.

-Jiang, H. (2015), "Construction technology of recycled micro-surfacing of yong wu highway", *Proceedings of the International Forum on Energy, Environment Science and Materials*.

-Kandhal, P. S. and Mallick R. B. (1997), "Pavement recycling guidelines for state and local governments participant's reference book", Washington, Federal Highway Administration.

-Kassim, Tarek A. and Williamson, Kenneth J. (2005), "Environmental impact assessment of recycled wastes on surface and ground", Published by Springer-Verlag Berlin Heidelberg, Berlin.

-Kim, Hyun Hwan, Benjamin, Broughton, Lee, Moon Sup and Lee, Soon Jae (2015), "Micro surfacing Successes and Failures", *International journal of Highway Engineering*, Vol. 17, No. 2, pp. 71-78.

-Kumar, R. and Teiborlang, L. R. (2012), "Rural road preventive maintenance with microsurfacing", *International Conference on Emerging Frontiers in Technology for Rural Area (EFITRA)*.

-Labi, Samuel, Lamprey, Geoffrey and Kong, Siew-Hwee (2007), "Effectiveness of

-Dhananjay, A. S, Sayyad, Zaid M, Sawant, Omkar B, Tamboli, Saif A and Tamboli, Abrar A. (2016a), "Recyclability using reclaimed asphalt pavement: a review", *International Journal of Science Technology & Engineering (IJSTE)*, No. 2.

-Dhananjay, A. S., Tamboli, Saif A, Sawant, Omkar B, Sayyad, Zaid M and Tamboli, Abrar A. (2016b), "Use of waste engine oil as a rejuvenating agent in reclaimed asphalt binder to improve pavement recyclability", *International Journal of Engineering Research-Online, A Peer Reviewed International Journal*, No. 4.

-Esenwa, M., Davidson, J. K., Kucharek, A. S. and Moore T. (2013), "100% Recycled asphalt paving, our experience", *Proceeding Canadian Technical Asphalt Association*, pp. 207-218.

-ETL. (2011), "Using asphalt surface treatments as preventive maintenance on asphalt airfield pavements", Department Of The Air Force Headquarters Air Force Civil Engineer Support Agency, pp. 11-26.

-Galehouse, Larry, Moulthrop, James S and Hicks, Russell G. (2003), "Principles of pavement preservation: Definitions, benefits, issues and barriers", *Journal Of Transportation Research News*, pp. 4-9.

-Garfa, A., Dony, A. and Carter, A. (2016), "Performance evaluation and behavior of microsurfacing with recycled materials", *E&E Congress 2016, 6th Eurasphalt & Eurobitume Congress, Prague*.

-Hajek, Jerry, Hall, Jim W. and Hein, David K. (2011), "Common airport pavement maintenance practices", Washington D.C., the Federal Aviation Administration Transportation Research Board.

-Hicks, R.G, Seeds, S.B. and Peshkin, D.G. (2000), "Selecting a preventive maintenance treatment for flexible pavements", *Federal Highway Administration*.

-Hugenera, Martin, Partla, Manfred N. and Morantb, Markus (2014), "Cold asphalt recycling with 100% reclaimed asphalt pavement and

-Pederson, CM Swede, Schuller, William J. and Hixon, CD wight (1988), "Microsurfacing with natural latex modified asphalt emulsion: a field evaluation.", *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board*, No. 1171, pp. 108-112.

-Raza, H. (1994), "State of the Practice Design, Construction, and Performance of micro-surfacing", Department of Transportation Federal Highway Administration, Publication No. FHWA-SA-94-051 HNG-42/6-94(4M) E.

-Robati, M., Carter, A. and Perraton, D. (2013), "Incorporation of reclaimed asphalt pavement and post-fabrication asphalt shingles in microsurfacing mixture", 58th Proceeding Of Annual Canadian Technical Asphalt Association (CTAA).

-Robati, M., Carter, A., Lommerts, Bert Jan, Cotiuga, Irina and Perraton, Daniel (2014), "New colored micro-surfacing formulation with improved durability and performances", 13th International Conference on Asphalt, Pavement Engineering and Infrastructure, At Liverpool, UK, Vol. 13.

-Smith, Patrick (2011), "Increased use of recycled asphalt pavement technology", First published in *Aggregates Business Europe* November December 2011 as RAP gets repackaged, Website: www.aggbusiness.com.

-Tortum, Ahmet, Celik, Cafer and Aydin, Abdulkadir Cuneyt (2005), "Determination of the optimum conditions for tire rubber in asphalt concrete", *Journal of Building and Environment*, No. 40, pp. 1492-1504.

-Uhlman, B., Andrews, J., Kadrmas, A., Egan, L. and Harrawood, T. (2010), "Microsurfacing eco-efficiency analysis final report", BASF The Chemical Company.

-Uzarowski, L. and Bashir, I. (2007), "A rational approach for selecting the optimum asphalt pavement preventive and rehabilitation treatments – two practical examples from ontario" In Annual Conference of the Transportation Association of Canada.

-Walter, C. and Waidelich, Jr. (2016), "Guidance on highway preservation and maintenance", U.S.

microsurfacing treatments." *Journal of Transportation Engineering*, No. 133.

-Matthews, D. (2016), "Reclaimed asphalt pavement (RAP) used in pavement preservation applications", National Pavement Preservation Conference 2016, Nashville.

-Mc Daniel, Rebecca and Anderson, R. Michael (2001), "Research Result Digest Recommended Use of Reclaimed Asphalt Pavement in the Superpave Mix Design Method: Guidelines", Published by Transportation Research Board and National Research Council, pp.17.

-Metcalf, S. (2016), "Newest advancements in slurry seal and micro -surfacing systems", National Pavement Preservation Conference 2016, Nashville.

-Mhlongo, S. M., Abiola, O. S., Ndambuki, J. M. and Kupolati, W. K. (2014), "Use of recycled asphalt materials for sustainable construction and rehabilitation of roads", International Conference on Biological , Civil and Environmental Engineering (BCEE-2014), Dubai.

-Morian, Dennis A. (2011), "Cost Benefit analysis of including microsurfacing in pavement treatment strategies & cycle maintenance", Published by Quality Engineering Solutions, Inc.

-Olsen, Steve (2008), "An introduction to slurry seal and microsurfacing systems", Sacramento, California Department of Transportation.

-Ongel, Aybike and Hugener, Martin (2015), "Impact of rejuvenators on aging properties of bitumen", *Journal of Construction and Building Materials*, pp. 467–474.

-OPS. (2015), "Cold in-place recycling", CDED B-333, OPSS.PROV333, Published by Ontario Provincial Standards for Roads & Public Works.

-Palit, S. K., Reddy, K. S. and Pandey, B. B. (2004), "Laboratory evaluation of crumb rubber modified asphalt mixes", *Journal of Materials in Civil Engineering*, No. 16, pp. 45-53.

-Zhang, H-z and Tian, Z-g (2014), "Evaluation of the micro-surfacing rut-filling pavement by accelerated pavement testing with MLS66", Safe, Smart and Sustainable Multimodal Transportation Systems - Proceedings of the 14th COTA International Conference of Transportation Professionals, pp. 957-968.

-Zhao, F., Wang, K. and Zhang, S. (2010), "Application of micro-surfacing in pavement preventive maintenance for shen-shan freeway", E-Product E-Service and E-Entertainment (ICEEE), International Conference on IEEE.

Department Of Transportation Federal Highway Administration.

-Watson, Donald and Jared, David (1998), "Georgia department of transportation's experience with microsurfacing", Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board, No. 1616.

-Workman, Clare (2016), "Review of Micro Surfacing: Environmental, Economical, and Performance Analysis", Western Asphalt Products, May 4, Website: www.westernasphalt.ca.

A Review on Micro Surfacing Mixture and Perusing the Feasibility of Using Recycled Materials in It

M. Poursoltani, M.Sc. Student, Babol Department of Civil Engineering, Babol Noshirvani University of Technology, Babol, Iran.

A. Ataollahi, M.Sc. Student, Babol Department of Civil Engineering, Babol Noshirvani University of Technology, Babol, Iran.

S. Hesami, Assistant Professor, Department of Civil Engineering, Babol Noshirvani University of Technology, Babol, Iran.

E. Hesami, Assistant Professor, Department of Civil Engineering, Babol Noshirvani University of Technology, Babol, Iran.

E-mail: s.hesami@nit.ac.ir

Received: May 2017-Accepted: Sep. 2017

ABSTRACT

Microsurfacing successful performance in pavement preservation treatments, increasingly has caused to encourage it. Because of cold mixing and low material consumption compared to other asphalt mixtures, microsurfacing has environmental benefits much more, yet costs less. The mixture also enjoys a good shelf life for high durability. However, due to the very low thickness of the protective layer is not capable of bearing, but can be used as alternative to asphalt overlay for pavements that do not have the structural or load-bearing traffic problems. In this paper, after a brief review of the microsurfacing mixture and presenting technical and functional characteristics, the feasibility of using reclaimed asphalt pavement and crumb rubber in the mixture is perused based on the studies have been done so far. Considering these studies, it was concluded that the use of this recycled materials can improve on the technical characteristics especially mixture viscosity and it can also entail the development of microsurfacing function. Besides, in recent years there has been a trend toward the use of new microsurfacing mixtures containing recycled materials; that of course, more research is needed to examine the laboratory characteristics in accordance with relevant regulations.

Keywords: Microsurfacing, Environment, Cold in Place Recycling, Reclaimed Asphalt Pavement, Crumb Rubber