

بازیابی آلومینا از لجن رنگ صنایع خودروسازی

سید مصطفی خضری^۱، فاطمه عبدالله^{۲*}

- ۱- دانشیار، دانشکده محیط زیست و انرژی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات، تهران، ایران، صندوق پستی: ۷۷۵-۱۴۵۱۵
۲- دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی محیط زیست- منابع آب، دانشکده محیط زیست و انرژی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات، تهران، ایران، صندوق پستی: ۷۷۵-۱۴۵۱۵

تاریخ پذیرش: ۹۰/۱۲/۲۱

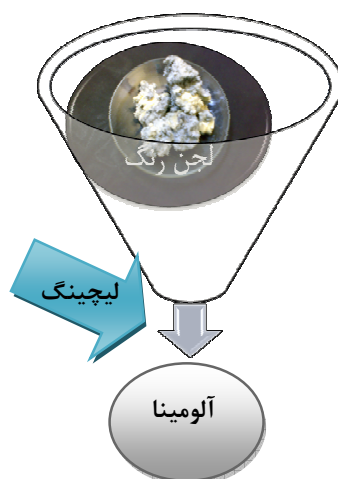
تاریخ دریافت: ۹۰/۱۱/۲۳

چکیده

لجن رنگ صنایع خودروسازی به علت وجود فلزات سنگین و مواد سمی دیگر دارای پتانسیل آلودگی بالایی است و دفع نادرست آن موجب آلودگی محیط زیست می‌شود. بازیافت و استفاده مجدد از آن ضمن کاهش هزینه‌های دفع، منجر به کاهش بار آلودگی در محیط زیست خواهد شد. مقاله حاضر، ارائه روشی جدید برای بازیابی ترکیب اصلی لجن رنگ می‌باشد. برای تعیین انواع و غلظت عناصر در لجن رنگ آزمایش XRF انجام شد. نتایج نشان دادند که آلومینا به میزان قابل توجهی در لجن رنگ وجود دارد. آلومینا از جمله ترکیباتی است که کاربردهای گوناگونی در صنایع مختلف دارد، به لحاظ قیمت بالا، پیشنهاد روشی اقتصادی که از لحاظ زیست محیطی نیز قابل قبول باشد، ضروری است. بر اساس مطالعات انجام شده از میان روش‌های مرسوم جدایش مغناطیسی، فلوتاسیون، بازیابی از محلول و لیچینگ، روش لیچینگ می‌تواند به‌عنوان روشی موثر در استحصال آلومینا از لجن رنگ به کار رود.

واژه‌های کلیدی

صنایع خودروسازی، لجن رنگ، بازیابی، آلومینا، لیچینگ.



۱- مقدمه

خشک حاصل از این فرآیند برای تولید آسفالت به کار می‌رود. با استفاده از این فناوری، سالیانه از هزینه دفع ۱۳۰۰ یارد مکعب لجن جلوگیری می‌شود [۱۵]. شرکت فورد برای بازیافت لجن رنگ از روش پیرولیز استفاده کرده است. در این روش تیتانیم به صورت باریم تیتانات و روتیل تیتانات اکسید استخراج گردیده است [۹]. شرکت کاترپیلار^۳، لجن رنگ را ابتدا به رنگدانه نرم و سپس آن را به رنگ با کیفیت بالا تبدیل کرده است [۱۴]. شرکت ناسکوت^۴ با همکاری EPI بر طبق فرآیندی خاص، لجن رنگ را به پودر جامدی تبدیل و از این پودر به عنوان پرکننده در صنایع سقف‌سازی، عایق، رنگ، پلاستیک و رنگ آستری استفاده کرده است. با انجام این کار علاوه بر کاهش ۱۰۰٪ تخلیه مواد زائد به محیط زیست، هزینه سالانه ناسکوت ۱۰۰ هزار دلار کاهش پیدا کرد [۱۳]. در داخل کشور تحقیقات اندکی از جمله امکان‌سنجی استفاده از محصول بازیافتی لجن رنگ به عنوان مکمل بتن و آسفالت [۲]، استخراج دی اکسید تیتانیم از لجن رنگ [۱۱،۱۲]، همچنین استفاده مجدد از لجن فاضلاب صنایع رنگ‌سازی برای ساخت مجدد رنگ [۳]، صورت گرفته است. البته لازم به ذکر است که اکثر تحقیقات صورت گرفته در کارخانجات بزرگ خودروسازی جهان جز اسناد و مدارک محرمانه این کارخانه‌هاست و دسترسی به آنها به سادگی امکان‌پذیر نیست، بر این اساس برای آگاهی از چگونگی بازیابی و یا استخراج مواد ارزشمند این لجن تحقیقات بیشتری موردنیاز است. لذا در این تحقیق، بازیابی آلومینا از لجن رنگ صنایع خودروسازی مورد بررسی قرار گرفت. لازم به ذکر است که تاکنون هیچ تحقیقی در زمینه بازیابی آلومینا از لجن رنگ صنایع خودروسازی در ایران و جهان صورت نگرفته است. در این خصوص شرکت خودروسازی سایپا به عنوان مطالعه موردی انتخاب گردید. برای شناخت نوع، میزان عناصر و ترکیبات موجود در لجن سالن رنگ پایه آب این صنعت، آنالیز عنصری و ترکیبی لجن رنگ انجام شد و روشی مناسب برای بازیابی آلومینا که دارای بالاترین درصد ترکیب موجود در لجن رنگ می‌باشد، ارائه شد.

۲- مواد و روش‌ها

۲-۱- مواد به کار رفته

مطالعه موردی در این تحقیق شرکت خودروسازی سایپا بوده است و در آزمایشات از لجن رنگ تولید شده در سالن رنگ شماره ۲ (سالن رنگ جدید) استفاده شد. در این سالن از رنگ‌های پایه آب جهت رنگ‌کاری بدنه اتومبیل استفاده می‌شود. از لجن رنگ این سالن طی دو مرحله و در تاریخ‌های ۸۹/۷/۷، ۸۹/۱۰/۶ از مخزن نگهداری لجن رنگ (محل دپو) در محوطه بیرون سالن، نمونه گرفته شد. در مرحله اول نمونه‌گیری، هدف شناخت و آنالیز عنصری و ترکیبی لجن رنگ بود و در مرحله دوم به منظور بازیابی آلومینا از لجن رنگ نمونه‌گیری صورت گرفت. برای انجام فرآیند بازیابی از اسید سولفوریک ۹۸٪ ساخت شرکت مرک آلمان استفاده شد.

آلودگی محیط زیست از جنبه‌های مختلف جامعه جهانی را تهدید می‌کند. حفاظت محیط زیست از آلاینده‌های گوناگون مسأله‌ای است که بشر امروزی بیش از هر زمان دیگر، اهمیت آن را درک نموده و اثرات سوء بی توجهی به آن را بارها تجربه نموده است. در سال‌های اخیر، توسعه شتاب‌زده صنعت و تکنولوژی باعث رشد تولید آلاینده‌ها شده است. صنایع خودروسازی نیز به نوبه خود در این شرایط سهمی بسزا دارند. برای جلوگیری از تولید و گسترش منابع آلاینده در محیط زیست صنایع خودروسازی در کشورهای مختلف جهان در تلاش‌اند تا با به‌کارگیری فناوری‌های مناسب و روش‌های علمی و کارآمد، زائدات و پسماندهای خود را مدیریت، کم و یا دفع صحیح نمایند. برای رسیدن به این هدف کارشناسان سعی می‌کنند به نحوی عمل نمایند تا ضمن کاهش بار آلاینده‌ها، کاهش هزینه تصفیه و دفع آنها، از آلودگی و انتقال آلاینده‌ها نیز جلوگیری شود. بنابراین بررسی آلاینده‌های موجود در لجن و ارائه راهکارهای کاهش و کنترل آنها در صنایع مختلف خصوصاً صنایع خودروسازی که یکی از صنایع گسترده حال حاضر کشور می‌باشد، ضروری است [۱]. صنایع خودروسازی از جمله صنایع پایه و بزرگ، شامل واحدهای مختلف کاری نظیر خطوط تولید، سالن‌های لوازم تکمیلی و تزئینی، مونتاژ، اسکلت‌سازی، رنگ، فوم و غیره می‌باشد [۴]. در بین این واحدها، سالن رنگ این صنایع با توجه به تولید لجن رنگ، پتانسیل بیشتری مقدار زائدات خطرناک را داراست. لجن رنگ ماده بسیار پیچیده‌ای است که حاوی رزین‌های پلیمری پخت نشده، رنگدانه، عوامل پخت، فعال‌کننده سطحی، آب، حلال‌ها و سایر اجزاء می‌باشد. دفع لجن رنگ از دیدگاه آلودگی خاک و منابع آب حائز اهمیت ویژه بوده و از مسائل زیست محیطی حاد صنایع خودرو سازی است. به‌علاوه با دفع این لجن بخشی از مواد با ارزش نیز دور ریخته شده و سبب کاهش بازده اقتصادی صنایع مربوطه می‌شود [۲]. در کشورهای مختلف جهان، تحقیقات مختلفی توسط کارخانجات خودروسازی بزرگ مانند جنرال موتورز آمریکا، سوپارو، فورد، تویوتا و غیره در رابطه با تبدیل لجن رنگ به محصولات جانبی مفید صورت گرفته است. به‌طور مثال شرکت تویوتا در سال ۲۰۰۳، از فرآیند بازیابی لجن رنگ، برای تولید نرده‌های محافظ جاده و اتوبان، بلوک‌های پارکینگ، مواد پوشش سقف، بتن با مقاومت پایین و کفیوش‌های ساختمانی استفاده کرده است [۷،۶]. گریس^۱ و همکارانش در سال ۲۰۰۲ اختراعی در زمینه استفاده از لجن رنگ بازیافتی در تهیه درزگیرهای سقف ثبت کرده‌اند [۸]. شرکت آستر با حمایت بخش تحقیقاتی موسسه EPA روشی برای کاربرد لجن رنگ در درزگیرهای پوشش سقف ارائه داده است. با کاربرد این روش، ۷۵٪-۲۵٪ در هزینه‌های ساختمانی صرفه جویی می‌شود [۱]. یکی از واحدهای شرکت کریسلر^۲ فرآیند جدیدی برای بازیابی لجن رنگ و کاربرد آن به‌عنوان پرکن در سنگ فرش ارائه داده است. همچنین این شرکت یک واحد بازیابی لجن رنگ طراحی کرد، که حجم لجن تولیدی را حدود ۹۰٪ کاهش می‌دهد. پودر

³ Caterpillar⁴ Nascote¹ Gerace² Chrysler

۲-۲- تجهیزات مورد استفاده

نمونه‌های لجن رنگ برای مدت ۴۸ ساعت در آن 105°C قرار داده شدند. سپس بر اساس روش مخروط و چهار قسمت کردن نمونه‌های لجن رنگ به دو بخش تقسیم شدند. یک بخش در کوره با درجه حرارت مناسب (برای حذف همه ترکیبات آلی) قرار داده شد و بخش دیگر به صورت خام مورد آزمایش قرار گرفت. عملیات حرارتی نمونه لجن رنگ توسط پژوهشگاه صنایع رنگ انجام شد. در ادامه هر دو نمونه لجن رنگ تا ابعاد مناسب توسط دستگاه پودرکننده آسیا شدند. برای تعیین میزان و نوع عناصر موجود در نمونه از لجن رنگ آزمایش XRF و برای سنجش میزان آلومینیم از محلول آزمون ICP گرفته شد. آزمایش XRF انجام گرفت.

۲-۳- عمل آوری لجن رنگ برای بازیابی آلومینا

با توجه به مطالعات و بررسی‌های انجام شده دو دیدگاه برای بازیابی آلومینا از لجن رنگ می‌توان در نظر گرفت. یک دیدگاه این است که نمونه لجن رنگ خشک، خرد شده و به صورت خام مورد آزمایش قرار گیرد، دیدگاه دوم اینکه نمونه لجن رنگ خشک، خرد و حرارت دهی شده و سپس آزمایش شود.

۲-۴- روش لیچینگ در بازیابی آلومینا از لجن رنگ صنایع خودروسازی

آلومینیم در حال حاضر به دلیل خواص ویژه و قابل توجه خود توانسته است نگاه جوامع صنعتی را به خود معطوف سازد. تنها ماده اولیه برای تولید آلومینیم، اکسید آلومینیم است. اکسید آلومینیم نام‌های تجاری متنوعی مانند آلومینا، کوراندوم و غیره دارد. نام‌های تجاری متنوع اکسید آلومینیم نشان دهنده گستره وسیع استفاده از این ماده در صنایع مختلف است. استفاده عمده از اکسید آلومینیم برای تولید فلز آلومینیم می‌باشد. اگر چه آلومینا به‌عنوان کاتالیزور، جاذب، اکسیداسیون الکتروشیمیایی، پوشش‌های سرامیکی، قالب فلزات، ساینده، ماده دیرگداز و بسیاری از موارد دیگر کاربرد دارد. آلومینا معمولاً از بوکسیت به‌وسیله فرآیند بایر تولید می‌شود. اساس روش بایر، لیچینگ بوکسیت در هیدروکسید سدیم، در دمای بالاتر از نقطه جوش محلول درون راکتورهای تحت فشار است. روش بایر یکی از پیچیده‌ترین، پرهزینه‌ترین و زمان برترین فرآیندهای هیدرومتالورژی است و به همین دلیل در حین عملیات با چالش‌های عملیاتی زیادی مواجه است. بسیاری از محققین در تلاش‌اند تا فرآیند بایر را اصلاح کنند و یا از مواد دیگری غیر از بوکسیت، آلومینا را استخراج کنند. به دلیل نبود ذخایر بوکسیتی در ایران منابع غیر بوکسیتی در این زمینه از اهمیت ویژه‌ای برخوردارند. در این میان اغلب رس‌ها به جای بوکسیت پیشنهاد می‌شوند. در دنیا محققان گوناگونی امکان‌سنجی استخراج آلومینا از رس، توسط روش لیچینگ را مورد بررسی قرار داده‌اند. امروزه در جهان رشد چشم‌گیری برای استخراج آلومینا از منابع گوناگون خصوصاً مواد زائد، به‌وسیله روش‌های مختلف وجود دارد. در این زمینه استخراج آلومینا از خاکستر فرار، زغال سنگ و یا پسماند کارخانجات

آلومینیم‌سازی را می‌توان نام برد. بازیابی آلومینا از مواد زائد، می‌تواند به‌عنوان راه حلی جدید، برای رفع مشکل ورود آلاینده‌ها به محیط زیست باشد. برای تولید آلومینا از منابع گوناگون روش‌های مختلفی وجود دارد. از جمله این روش‌ها، روش‌های فیزیکی، فلوتاسیون، کلراسیون با درجه حرارت بالا، بازیابی از محلول، لیچینگ قلیایی و لیچینگ اسیدی است. برخی از مواد شیمیایی خاص که در بعضی از این فرآیندها استفاده می‌شوند، خورنده‌اند و برای لیچینگ فلزات قابل استفاده نیستند. در برخی از این فرآیندها انرژی زیادی مصرف شده و بنابراین غیر اقتصادی و برخی ناسازگار با محیط زیست می‌باشند. آلومینا از جمله موادی است که لیچینگ اسیدی و قلیایی در استخراج آن موثر است. ولی در اکثر تحقیقات انجام شده در زمینه استخراج آلومینا، اغلب از لیچینگ اسیدی استفاده می‌شود، یکی از دلایل عمده شاید قیمت پایین اسید در مقایسه با سود باشد. فرآیند لیچینگ اسیدی به نوع اسید مصرفی و روش‌های مورد استفاده برای خالص‌سازی محلول پس از آزمایش لیچینگ بستگی دارد. زمانی طولانی، برای بازیابی آلومینا و دیگر مواد معدنی در طی فرآیندهای لیچینگ از HNO_3 و HCl استفاده می‌شد. ولی پس از مدتی مشخص شد، محلول‌های غلیظ نیترات و یا کلراید ماهیت خورندگی بالایی دارند. به‌علاوه، قیمت گران این اسیدها و تلفات تبخیری زیاد، استفاده از این اسیدها را بیش از پیش غیر اقتصادی می‌سازد. همچنین استفاده از این اسیدها در طی فرآیند لیچینگ به‌علت تشکیل ترکیبات نیترات‌ها و کلرایدها برای محیط زیست خطرناک می‌باشد. در نتیجه قیمت پایین و ثبات H_2SO_4 و تجهیزات کاربردی کم، این اسید به‌عنوان اسید مصرفی برای بازیابی آلومینا از لجن رنگ صنایع خودروسازی مناسب است. اولین گام در لیچینگ انتخاب عوامل موثر می‌باشد. پارامترهای غلظت مواد شیمیایی مصرفی (غلظت اسید سولفوریک)، ابعاد ذرات، درجه حرارت، زمان واکنش، مقدار نمونه و غیره بر بازیابی و استخراج آلومینا از منابع گوناگون اهمیت نسبی دارند.

۲-۵- فرآیند بازیابی آلومینا

برای بازیابی آلومینا از بقیه اکسیدها، از روش لیچینگ اسیدی استفاده شد. در این روش، مقداری از لجن خام و خشک شده توزین شده و داخل بشر قرار گرفت. سپس به داخل هر یک از نمونه‌ها، مقدار و غلظت مشخصی از اسید سولفوریک اضافه گردید. در ادامه بشرها بر روی گرم‌کن در دمای مشخصی قرار گرفتند. پس از سپری شدن زمان واکنش، پالپ فیلتر و قسمت محلول برای آزمون ICP مورد استفاده قرار گرفت. شکل ۱ دیاگرام روش قابل استفاده برای بازیابی آلومینا از لجن رنگ صنایع خودروسازی را نشان می‌دهد.

۳- نتایج و بحث

در سالن رنگ شماره ۲ شرکت خودروسازی سایپا، از رنگ‌های پایه آب محصول کشور ایتالیا استفاده می‌شود. برای تثبیت این رنگ‌ها بر روی بدنه خودرو و ایجاد شفافیت بر روی بدنه اتومبیل، طی یک مرحله بدنه با ورنی روتوش می‌شود. در مراحل رنگ‌کاری، لجن مربوط به مراحل آستری و

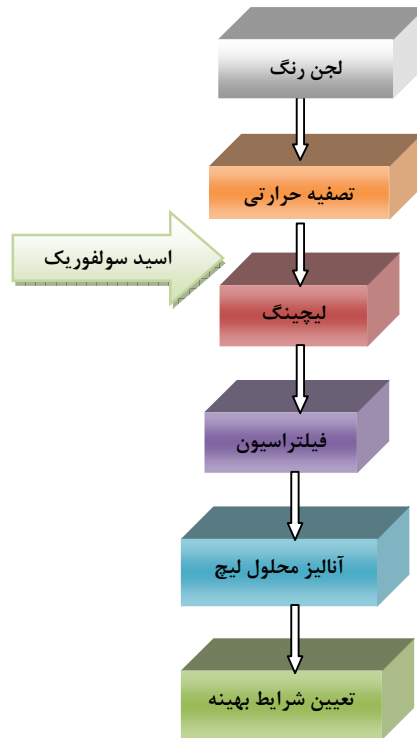
رنگ رویه که از ماهیت یکسانی برخوردارند و لجن مربوط به مرحله ورنی تولید می‌شود. لجن رنگ تولیدی در مرحله آستری و رنگ رویه، حالت اسفنجی دارد و به رنگ سفید تا طوسی می‌باشد. ولی لجن رنگ تولیدی در مرحله ورنی، رنگ متمایل به زرد و حالت چسبندگی دارد. لجن رنگ نهایی که از کارخانه خارج می‌شود، مخلوطی از این دو نوع لجن است. کلیه آزمایشات مربوط به این تحقیق بر روی لجن رنگ نهایی (مخلوط) انجام شد (شکل ۲).



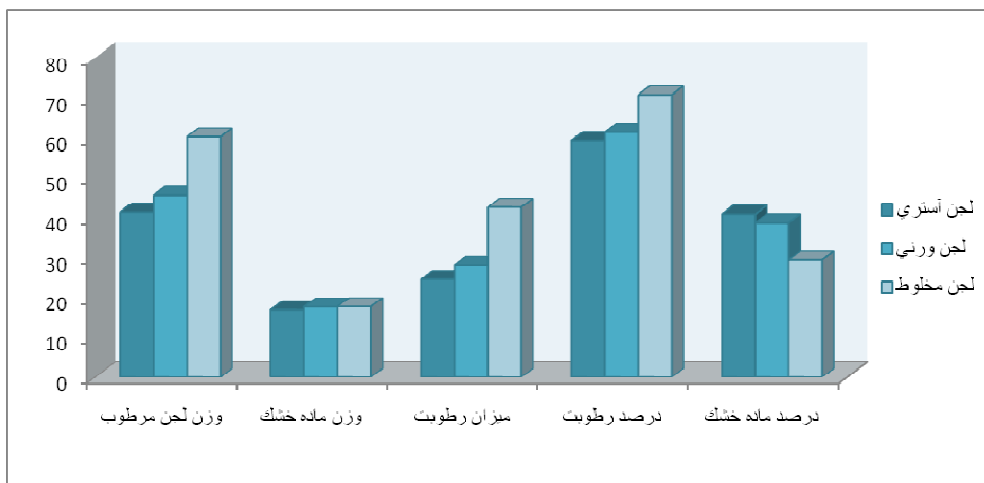
شکل ۲- لجن رنگ نهایی.

۳-۱- میزان رطوبت لجن رنگ

پاشش رنگ در کابین‌های بسته‌ای که کف آن آب تحت سیستم آبخاری جریان دارد، صورت می‌گیرد. رنگ ریخته شده در کف این کابین‌ها توسط آب جاری حمل و از محیط خارج می‌شود. پساب خروجی حین عبور از کانالی، در معرض توری‌های جداسازی قرار می‌گیرد. آب از توری‌ها عبور کرده و وارد حوضچه جمع‌آوری آب می‌شود، لجن پشت توری‌ها باقی می‌ماند. لجن رنگ دارای ترکیب بسیار پیچیده‌ای است، که معمولاً حاوی رزین‌های پلیمری پخت نشده، رنگدانه‌ها، فعال‌کننده‌های سطحی، حلال‌های مختلف، آب و سایر اجزا می‌باشد. لجن رنگ به‌صورت آبدار و دارای رطوبت بسیار بالایی است. شکل ۳ بیانگر میزان رطوبت و ماده خشک لجن رنگ می‌باشد.



شکل ۱- دیاگرام روش بازیابی آلومیناز لجن رنگ صنایع خودروسازی.



شکل ۳- میزان رطوبت و ماده خشک لجن رنگ.

۲-۲- مقایسه نتایج نمونه لجن رنگ خام و نمونه حرارت داده شده

اولین آزمایش بر روی نمونه‌های لجن رنگ خام و تصفیه حرارتی شده به منظور ارزیابی اثرات حذف عملیات حرارتی از فرآیند انجام شد. مقداری نمونه خام و حرارت دهی شده انتخاب شد. آزمایش با شرایط کاملاً یکسان (از لحاظ غلظت اسید سولفوریک، ابعاد ذرات، درجه حرارت، زمان واکنش و حجم نمونه) بر روی هر دو نمونه لجن رنگ انجام شد و محلول آزمایش از لحاظ میزان آلومینیم به‌وسیله آزمون ICP مورد سنجش قرار گرفت، مشخص شد که بازیابی آلومینیم در نمونه لجن رنگ حرارت‌دهی شده خیلی بیشتر است. با مقایسه این دو آزمایش نتیجه حاصل شد که عدم عملیات حرارتی به‌طور بارزی درصد بازیابی آلومینیم را کاهش می‌دهد. بنابراین تمام آزمایشات بر روی نمونه لجن رنگ حرارت‌دهی شده انجام شد. پس از انتخاب نمونه، برای تشخیص و شناخت عناصر موجود، از نمونه لجن رنگ حرارت دهی شده، آزمون XRF انجام گرفت.

۳-۳- نتیجه آزمون XRF

برای ارائه روشی مناسب و اجرایی همراه با صرفه اقتصادی، می‌بایست با انجام آزمون XRF بر روی نمونه، نوع ترکیبات و عناصر موجود در لجن رنگ مشخص گردد. طیف سنجی XRF به‌طور گسترده‌ای در آنالیز کمی و کیفی نمونه‌های محیط زیستی، زمین شناسی، زیست شناسی، معدن، صنعتی و غیره کاربرد دارد. در این آزمایش نتایج حاصل از سنجش عناصر به‌صورت اکسیدهای عناصر بیان می‌گردد. توسط آزمون XRF عناصر و ترکیبات موجود در لجن رنگ مشخص گردید. اکسیدهای فلزی از جمله ترکیبات غالب موجود در لجن رنگ می‌باشند. لجن رنگ به‌طور نمونه شامل رزین‌های پلیمری، رنگدانه‌ها، مواد شیمیایی و دیگر ترکیبات به علاوه آب و حلال‌های آلی می‌باشد. با توجه به آزمون XRF صورت گرفته، مشخص شد که این فلزات اکثراً اکسیدهای فلزات سنگین می‌باشند. با مقایسه نتایج XRF نمونه لجن رنگ و استانداردهای حد مجاز آلاینده‌ها در محیط زیست، نتیجه‌گیری می‌شود که میزان عناصر در ترکیب لجن رنگ بیش از حد مجاز است و لجن رنگ دارای درصد بالایی از عناصر سنگین مانند Cr, Zn, Sr, Cl و غیره می‌باشد. در میان ترکیبات موجود در لجن رنگ آلومینا (Al_2O_3) بیشترین حجم نمونه را شامل می‌شود. اکسید تیتانیوم (TiO_2)، اکسید باریم (BaO) و غیره در رده‌های بعدی قرار دارند. از جمله روشی که برای کاهش عناصر و ترکیبات لجن رنگ می‌توان به کار برد، استخراج فلزات است، تا در طی فرآیند بازیابی و استخراج، علاوه بر کاهش میزان مواد آلاینده موجود در آن، میزان و حجم لجن نیز کاهش می‌یابد و استخراج و بازیابی فلز نیز، استفاده مجدد محسوب می‌شود.

۴- نتیجه‌گیری

لجن رنگ صنایع خودروسازی به دلایل گوناگون همچون وجود فلزات سنگین مختلف و میزان تولید روزانه بالا، از جمله مواد زائدی است که

می‌بایست برای استفاده مجدد از آن، راهی مناسب و مقرون به صرفه یافت. در سال ۱۳۸۲، طرحی اینترن شپ با همکاری دانشگاه صنعتی امیرکبیر در شرکت سایپا به منظور خنثی سازی لجن رنگ از نظر آلودگی انجام شد. هدف از این مطالعه تهیه پودری خنثی از لجن رنگ بود، این طرح به دلیل تحمیل هزینه‌های سنگین نسبت به نتیجه حاصله، اجرایی نگردید [۱]. بنابراین، یافتن راه حل علمی با صرف هزینه‌های اندک، که ضمن حل مشکلات زیست محیطی، استخراج محصولاتی با ارزش افزوده از لجن رنگ را فراهم آورد، ضروری می‌باشد. پس از بازدیدهای مختلف از سالن رنگ شماره ۲ شرکت خودروسازی سایپا و شناخت کامل فرآیند رنگ‌کاری بدنه اتومبیل و چگونگی تشکیل لجن رنگ در کابین‌های آستری و رنگ رویه، ضمن مرور روش‌های نوین علمی و کاربرد فنون مهندسی محیط زیست و همگام سازی آن با روش‌های علمی همپوشان در سایر رشته‌های تخصصی از جمله مهندسی معدن و مواد، روش تحقیق مشخص گردید. پس از تعیین روش تحقیق با استفاده از آزمون XRF که در آزمایشات گوناگون بهترین و مطمئن‌ترین نتایج را حاصل نموده‌اند، عناصر و ترکیبات موجود در لجن رنگ مشخص گردید. بررسی نتایج نشان می‌دهد که لجن رنگ دارای رطوبت بالایی در حدود ۷۰٪ است و به دلیل دارا بودن ترکیبات گوگرد در آن، بوی نامطبوعی دارد. خشک کردن لجن باعث کاهش بوی نامطلوب آن می‌گردد. در مرحله حرارت دهی، در حین استخراج، ترکیبات مضر همچون سولفیدها و ترکیبات آلی از بین رفته و احیا می‌شوند، و تنها مخلوطی از اکسیدهای فلزات باقی می‌ماند. نتایج آزمایشها حاکی از آن است که در صورت حرارت‌دهی لجن رنگ ابتدا ترکیب آلی موجود در لجن از بین رفته، سپس کربنات به اکسید تبدیل می‌شود و در نهایت در دمای $800^{\circ}C$ دیگر اثری از ترکیبات سولفور و کربناته باقی نمی‌ماند و آنچه باقی می‌ماند، مخلوطی از اکسیدهای فلزات است. پس از بررسی این اکسیدها، با توجه به ارزش ریالی و درصد بالای آلومینا این نتیجه حاصل شد که با توجه به قیمت بالای اکسید آلومینیم این اکسید از بقیه جداسازی شود. برای رسیدن به این هدف، روش‌های مختلفی برای بازیابی آلومینا از لجن مورد بررسی و مطالعه قرار گرفت. روش‌های جدایش فیزیکی مانند فلوتاسیون برای استخراج اکسید فلزات از لجن رنگ مناسب نمی‌باشد. زیرا ذرات لجن بسیار ریز هستند و برای دانه‌بندی‌های بسیار ریز از کارایی روش فلوتاسیون به شدت کاسته می‌شود. از طرف دیگر اساس کار روش فلوتاسیون جداسازی اکسیدها بر اساس جرم (وزن) آنهاست. با توجه به اینکه عناصر موجود در لجن از لحاظ جرم بسیار به هم نزدیک هستند، بنابراین روش فلوتاسیون برای بازیابی اکسید فلزات از لجن رنگ مناسب نمی‌باشد. در روش لیچینگ قلیایی برای تامین درجه حرارت و فشار مورد نیاز، برای بازیابی آلومینا، واکنش باید درون راکتور تحت فشار انجام شود. از سوی دیگر، قیمت بالای سود مصرفی در این روش، این فرآیند را غیر اقتصادی می‌سازد. بر اساس مطالعات انجام شده، برای بازیابی و استخراج آلومینیم به شکل آلومینا از منابع مختلف از میان روش‌های مرسوم جدایش فیزیکی، فلوتاسیون، بازیابی از محلول و لیچینگ، روش لیچینگ اسیدی می‌تواند به‌عنوان روشی موثر در استحصال آلومینا از منابع ثانویه به کار رود. [۱۰، ۵]. لذا در این تحقیق، پس از بررسی روش‌های

درصد بالایی بازیابی خواهد شد. در پایان لازم به ذکر است که، کاربردی شدن فرآیندهای بازیافت و استفاده مجدد از لجن رنگ ضمن حفظ محیط زیست، جلوگیری و کاهش آلودگی خاک و منابع آب، از انتشار مواد آلاینده در طبیعت و مصرف منابع طبیعی اضافی جلوگیری می‌کند.

۱. آزاده. اخوان بلورچیان، "بررسی آلودگی لجن رنگ حاصل از صنایع خودروسازی و ارائه راهکار جهت کاهش آن" (مطالعه موردی: صنایع خودروسازی سایپا)، پایان نامه کارشناسی ارشد علوم محیط زیست، دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات تهران، ۱۳۸۷.
۲. احد. جعفری، فرزین. ذکایی، "امکان سنجی استفاده از محصول بازیافتی از ضایعات رنگ به‌عنوان مکمل آسفالت و بتن"، اولین همایش تخصصی مهندسی محیط زیست، ایران، ۱۳۸۵.
۳. آناهیتا. ربیعی، غلامرضا نی. بیدهدنی، ناصر. مهرداد، "استفاده مجدد از لجن فاضلاب صنایع رنگسازی برای کاهش آلودگی محیط زیست"، دومین همایش تخصصی مهندسی محیط زیست، ایران، ۱۳۸۷.
۴. مریم. میرابی، "مدیریت مهندسی کمینه سازی مواد زائد خطرناک در اتاق رنگ کارخانه ایران خودرو"، پایان نامه کارشناسی ارشد مهندسی محیط زیست، دانشگاه تربیت مدرس، ۱۳۸۰.
5. B. Dash, B. R. Das, "Acid dissolution of alumina from waste aluminium dross", Hydrometallurgy, 92, 48-53, 2008.
6. L. Chappel, "Toyota targets zero land filling", waste news, 9, 3-1, 2003.
7. "Environmental Report", www.Toyota georgetown.com/detailnews.asp?397, 2003.

مختلف و مشخص سازی مزایا و معایب هر یک، نتیجه حاصل شد که به منظور بازیابی آلومینا از دیگر اکسیدها، از روش لیچینگ اسیدی استفاده شود. این روش نسبت به روش‌های دیگر مانند لیچینگ قلیایی و بازیابی از محلول (مانند الکترولیز) هزینه اقتصادی کمتری در برداشته و آلومینا با

۵- مراجع

8. M. J. Gerace, "Roof sealant composition and method of applying", US patent No.6455598B1, Sep, 2002.
9. K. Narula Chaitanya, "Pyrolytic conversion of paint sludge to useful material, US patent 5543367, 1996.
10. N. Nayak, C. R. Panda, "Aluminum extraction and leaching characteristics of fly ash", Fuel, 89, 53-58, 2010.
11. S. M. Khezri, A. Bloorchian, "Titanium dioxide extraction from paint sludge of Automotive industry", Environ. Eng. Manage. J., 8, 1, 141-145, 2009.
12. S. M. Khezri, S. M. Shariat, S. Tabibian, "Reduction of pollutants in painting operation and suggestion of an optimal technique for extracting titanium dioxide from paint sludge in car manufacturing industries", Toxicology and industrial health, 2011.
13. Nashville, "Best Practice : Paint Sludge Recycling", http://www.bmpcoe.org, 2007.
14. Water wash Overspray Paint Recovery Caterpillar, www.eere.energy.gov, 1995.
15. WMRC, "Reducing paint waste", www.istc.illinois.edu/info/library-docs /tn/ 98-044.pdf, Feb 1998.