

آلاینده‌های ناشی از عملیات رنگ در صنایع خودروسازی

(مطالعه موردی: سالن رنگ صنایع خودروسازی سایپا)

سید مصطفی خضری^۱

آزاده اخوان بلورچیان^۲

سید مسعود منوری^۱

فریده عتایی^۱

تاریخ پذیرش: ۸۸/۲/۴

تاریخ دریافت: ۸۷/۴/۱۵

چکیده

لجن رنگ تولید شده در صنایع خودروسازی، به علت وجود عناصر سنگین، توانایی آلودگی بالایی دارد. بر این اساس دفع ناصحیح آن مشکلاتی را برای محیط زیست به بار می‌آورد. در این تحقیق، با هدف شناسایی آلاینده‌های اصلی لجن رنگ و ارایه راهکاری به صرفه برای بازیابی آن، آزمایش‌ها متعددی انجام گرفت که از جمله این آزمایش‌ها می‌توان به طیف‌سنجی فلورسنس پرتو ایکس^۳ (XRF)، پراش پرتو ایکس^۴ (XRD) و آزمون آنالیز حرارتی افتراقی^۵ (DTA) جهت تعیین نوع و غلظت عناصر و ترکیبات موجود در این لجن اشاره کرد. نتایج حاکی از آن بود که این لجن حاوی عناصر فلزی سنگین از قبیل فلزات مس با غلظت ۱/۵ gr/lit، روی با غلظت ۱۳/۰۹ gr/lit، آلومینیوم با غلظت ۵۸/۷۶ gr/lit، منیزیم با غلظت ۲۳/۰۰۴ gr/lit، تیتانیوم با غلظت ۳۲/۶۹ gr/lit، وانادیوم با غلظت ۰/۹ gr/lit و ... می‌باشد. با مقایسه با استانداردهای زیست‌محیطی این عناصر فلزی مشخص گردید که مقادیر بسیاری از آنها خارج از محدوده استاندارد می‌باشد و آلاینده‌های عنصری قابل توجهی هستند. لذا لزوم ارایه راهکارهای عملی جهت بازیافت آن، کاملاً مشهود است. در نتیجه لزوم مطالعات بیشتر در این زمینه جهت حذف این آلودگی‌ها پیشنهاد می‌شود.

واژه‌های کلیدی: صنایع خودروسازی، لجن رنگ، آلودگی، طیف‌سنجی فلورسنس پرتو ایکس، پراش پرتو ایکس.

۱- عضو هیئت علمی، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم و تحقیقات تهران.

۲- کارشناس ارشد آلودگی محیط‌زیست، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم و تحقیقات تهران

3- X-Ray Fluorescence

4- X-Ray Diffraction

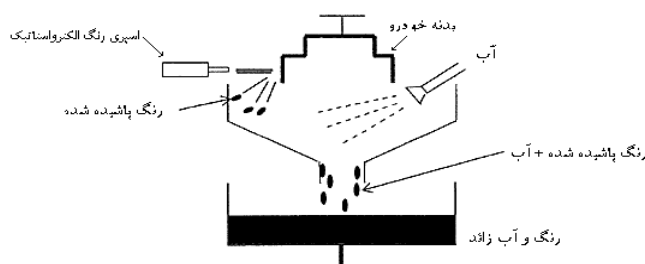
5- Diffusion Thermal Analysis

مقدمه

می‌شود. لازم به ذکر است که یک فن مکنده، هوای تصفیه شده را به اتمسفر تخلیه نموده و دیوارهای زیرزمین به دلیل جذب ذرات احتمالی رنگ و جلوگیری از آلودگی محیط به فیلتر مجهز می‌باشد. (۵).

در کشورهای مختلف جهان، تحقیقات مختلفی توسط کارخانجات بزرگ خودروسازی مانند جنرال موتورز آمریکا، سوپارو و... در مورد با ترکیبات مختلف موجود در ضایعات عملیات رنگ کاری صورت گرفته است، از جمله نتایج آن تحقیقات، استفاده از مواد بازیافت شده از لجن رنگ در تقویت فلزات و پلیمرها، در ساخت مواد و مصالحی چون سیمان و بتن، در تولید عایق‌ها و درزگیرهای مختلف، بازیابی رنگ از لجن و... می‌باشد (۳ - ۱). لیکن در داخل کشور فقدان تحقیقات کافی در زمینه ترکیبات و آلاینده های عمده، عموماً آرایه راهکار کاهش بار آلودگی و بازیافت اقتصادی لجن رنگ را با چالش روبرو ساخته است. در این تحقیق، و به منظور شناسایی آلاینده های عمده، شرکت خودروسازی سایپا به عنوان مطالعه موردی انتخاب و سعی گردید برای شناخت نوع و میزان عناصر و ترکیبات موجود در لجن سالن رنگ پایه آب این صنعت، آنالیز عنصری و ترکیبی لجن رنگ انجام یافت.

صنایع خودروسازی از جمله صنایع بزرگ و شامل واحدهای مختلف کاری می‌باشد. در بین این واحدها، سالن رنگ این صنایع با توجه به به کارگیری مواد خطرناک نظیر رنگ‌های حاوی فلزات سنگین، حلال‌های مختلف نظیر تینر، انواع ترکیبات قلیایی و اسیدی و غیره، توانایی تولید بیشترین مقدار زایدات خطرناک را دارا می‌باشد. در این راستا اطلاع از فرآیند تشکیل لجن رنگ به دلیل آشکارسازی فرآیند تولید آن حائز اهمیت می‌باشد. در این فرآیند هوا با فشار بالا به صورت عمودی رنگ موجود در فضای کابین‌های پاشش را با خود در آب درون کف کابین حمل نموده و فرآیند شستشوی هوا و رنگ در آب انجام می‌شود. دیاگرام شماتیک این واحد در شکل ۱ نشان داده شده است. پساب حاصل توسط کانالی که از کابین آستر تا رنگ ادامه دارد، وارد آبشار مخروطی شکل (آبشار رنگ) می‌گردد. پس از افزودن مواد واترآش و عبور از کانالی که دارای توری‌های جداساز است، رنگ از آب جدا می‌شود. این آب وارد حوضچه جمع آوری آب شده و توسط یک پمپ مکش از لوله‌هایی که در فواصل مختلف در کانال کابین رنگ وجود دارند، به کانال برمی‌گردد. لجن باقی مانده در پشت توری‌ها با استفاده از لجن کش به دو تسمه نقاله منتقل می‌شود. در نهایت لجن در دو مخزن ذخیره لجن آستر و لجن رنگ جمع‌آوری



شکل ۱- فرآیند شستشوی هوا با آب و تشکیل لجن (۴)

مواد و روش‌ها

بیرون سالن، نمونه گرفته شد. به منظور بررسی نوع و ترکیبات موجود در لجن رنگ از روش‌های زیر بهره گرفته شد.

در آزمایش‌ها از لجن رنگ تولید شده در سالن رنگ شماره ۲ (سالن رنگ جدید) استفاده شد. از لجن رنگ این سالن طی دو مرحله از مخزن نگه داری لجن‌رنگ در محوطه

الف - طیف سنجی فلورسنس پرتو ایکس

طیف‌سنجی XRF به طور گسترده‌ای در آنالیز کمی و کیفی نمونه‌های محیط‌زیستی، زمین‌شناسی، زیست‌شناسی و صنعتی و غیره کاربرد دارد. در مقایسه با دیگر تکنیک‌های مشابه همچون طیف‌سنجی جذب اتمی^۱ AAS و طیف سنجی پلاسمایی زوج قیاسی^۲ ICPS و آنالیز فعال نوترونی^۳ NAA، XRF دارای مزایایی از قبیل مخرب نبودن، خاصیت چند عنصره بودن، دارای سرعت و ارزش اقتصادی مناسب می‌باشد (۶). در این آزمایش نمونه‌های جامد بایستی به قدری صیقلی گردد که سطح کاملاً همگنی داشته باشد (۷). بدین منظور، لجن رنگ که به صورت لخته از محلول آب و رنگ آبشار رنگ (واقع در سالن رنگ ساپیا) جدا شده و به صورت آبدار می‌باشد، در دمای ۱۰۰ درجه سانتی گراد در آون خشک شد (در دمای ۱۰۰ درجه ترکیبات مختلف کم‌ترین تغییر را دارا می‌باشند و واکنشی خاص که باعث تغییرات در ترکیبات ماده شود، در این دما صورت نمی‌گیرد). پس از خشک‌شدن نمونه، عملیات پودرسازی توسط هاون انجام و آزمایش فلورسنس پرتو X به منظور تشخیص و آنالیز ترکیبی و برآورد میزان موجود این عناصر در نمونه لجن‌رنگ حرارت داده شده تا دمای ۱۴۰۰ درجه سانتی گراد و همچنین تعیین میزان خلوص فاز معلق در سطح آب این نمونه انجام یافت.

ب - طیف سنجی پراش پرتو ایکس

پراش پرتو X روشی مناسب جهت بررسی‌های کمی و کیفی مواد بلورین به فرم پودر و یا جامد می‌باشد. اساس کار در این روش بر پایه انعکاس پرتوهای پرتو X از مجموعه صفحات اتمی با فاصله یکسان از یکدیگر و مبتنی بر قانون Bragg است (۸). میزان نمونه مورد نیاز برای هر آنالیز بسته به نوع نمونه بین ۰/۵ تا ۳ تعیین و با توجه به مقدار نمونه از روش لام یا قرص‌سازی استفاده شد. نتایج نهایی به صورت کیفی ارائه گردید. به منظور انجام این آزمایش، نمونه خشک و پودر (با مش ریز) استفاده شد.

ج - آزمون آنالیز حرارتی افتراقی

پس از آنالیز نوع ترکیبات موجود در لجن رنگ، برای شناخت واکنش‌ها و تعداد استحاله‌هایی که در اثر حرارت‌دهی به لجن اتفاق می‌افتد، تست DTA (آنالیز حرارتی) انجام یافت (۹). آماده‌سازی نمونه برای دستگاه DTA نیز همانند XRD و XRF انجام و نمونه به صورت پودر و کاملاً خشک گردید. نمونه لجن رنگ توسط دستگاه DTA و تا دمای ۱۲۰۰ درجه سانتی گراد و با نرخ گرمایشی ۲۰ درجه سانتی گراد انجام گرفت. در دمای ۱۰۰ درجه ترکیبات موجود در لجن رنگ شناسایی و به منظور ایجاد اطلاعات مبنا برای استفاده در مطالعات آتی حرارت دهی تا دمای ۱۲۰۰ درجه سانتی گراد ادامه یافت.

نتایج و محاسبات**الف) میزان و درصد رطوبت لجن رنگ**

رطوبت لجن رنگ نهایی (مخلوط) شامل مخلوطی از دو نوع لجن مربوط به مراحل آستری و رنگ ورنی در جدول ۱ ارائه گردیده است.

1- Atomic Absorption Spectroscopy
2- Inductively Coupled Plasma Spectroscopy
3- Neutron Activation Analysis

جدول ۱- میزان رطوبت و وزن ماده خشک لجن رنگ

لجن مخلوط	لجن ورنی	لجن آستری	کمیت اندازه گیری شده
۶۰/۱۹	۴۵/۵۶	۴۱/۳	وزن لجن قبل از خشک شدن (گرم)
۱۷/۶۶	۱۷/۶	۱۶/۸۴	وزن ماده خشک (گرم)
۴۲/۵۳	۲۷/۹۶	۲۴/۴۶	میزان رطوبت (گرم آب)
%۷۰/۶۵	%۶۱/۳۶	%۵۹/۲۲	درصد رطوبت
%۲۹/۳۵	%۳۸/۶۴	%۴۰/۷۸	درصد ماده خشک

بر اساس محاسبات انجام یافته، یک لیتر لجن نهایی دارای وزنی معادل ۱۳۷۷/۲۵ گرم و حاوی ۴۰۴/۲۲ گرم ماده خشک و دانسیته آن برابر $1/37725 \text{ gr/cm}^3$ می باشد. جدول ۲ نشان داده شده است.

(ب) نتایج طیفسنجی فلورسنس پرتو X نتایج حاصل از فلورسنس پرتوایکس (۲- الف) در جدول ۲ نشان داده شده است.

جدول ۲- نتیجه آزمایش طیفسنجی XRF لجن رنگ

شدت ^۱	غلظت (درصد وزنی)	عناصر
۱۱۴/۱	۴/۲۴۲	منیزیم
۳۰۸/۲	۱۰/۸۳۶	آلومینیوم
۸۰۱/۳	۱۳/۴۵۶	سیلیسیوم
۴۰۸۷/۲	۲۰/۳۰۷	گوگرد
۱۰۷/۲	۳۴/۱۸۶	کلسیم
۲۸/۶	۶/۰۲۹	تیتانیوم
۱/۴	۰/۱۷۰	وانادیوم
۱۸۷/۰۰	۷/۱۳۶	آهن
۱۷/۷	۰/۲۸۷	مس
۲۰۷/۶	۲/۴۱۴	روی
۳۲۷/۲	۰/۷۷۹	استرانسیوم

ماده خشک به دست آمده از یک لیتر لجن رنگ محاسبه شد. این نتایج در جدول ۳ ذکر شده است.

بر اساس درصد وزنی مشخص شده در نتیجه آزمایش XRF لجن رنگ (جدول ۲)، وزن عناصر در یک کیلوگرم لجن رنگ خشک شده محاسبه گردیده و همچنین وزن عناصر در

جدول ۳- میزان عناصر موجود در لجن رنگ با توجه به آزمایش XRF

ردیف	عناصر	درصد وزنی عناصر	وزن عناصر در یک کیلوگرم لجن خشک (mg/Kg)	وزن عناصر در ماده خشک حاصل از یک لیتر لجن (gr/Lit)
۱	منیزیم	۴/۲۴۲	۴/۲۴۲×۱۰۴	۲۳/۰۰۴
۲	آلومینیوم	۱۰/۸۳۶	۱۰/۸۳۶×۱۰۴	۵۸/۷۶۳
۳	سیلیسیوم	۱۳/۴۵۶	۱۳/۴۵۶×۱۰۴	۷۲/۹۷۱
۴	گوگرد	۲۰/۳۰۷	۲۰/۳۰۷×۱۰۴	۱۱۰/۱۲۴۸۶۱
۵	کلسیم	۳۴/۱۸۶	۳۴/۱۸۶×۱۰۴	۱۸۵/۳۹۰۶
۶	تیتانیوم	۶/۰۲۹	۶/۰۲۹×۱۰۴	۳۲/۶۹۵۲۶۷
۷	وانادیوم	۰/۱۷۰	۰/۱۷۰×۱۰۴	۰/۹۲۱۹۱
۸	آهن	۷/۱۳۶	۷/۱۳۶×۱۰۴	۳۸/۶۹۸۵۲۸
۹	مس	۰/۲۸۷	۰/۲۸۷×۱۰۴	۱/۵۵۶۴۰۱
۱۰	روی	۲/۴۱۴	۲/۴۱۴×۱۰۴	۱۳/۰۹۱۱۲۲
۱۱	استرانسیوم	۰/۷۷۹	۰/۷۷۹×۱۰۴	۴/۲۲۴۵۱۷

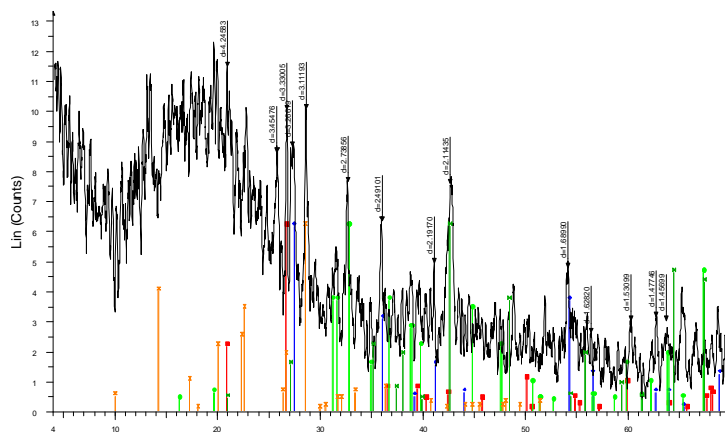
دیگرام حاصل از آزمایش در نمودارهای ۱ و ۲ نشان داده شده است.

ج) نتایج طیفسنجی پراش پرتو ایکس

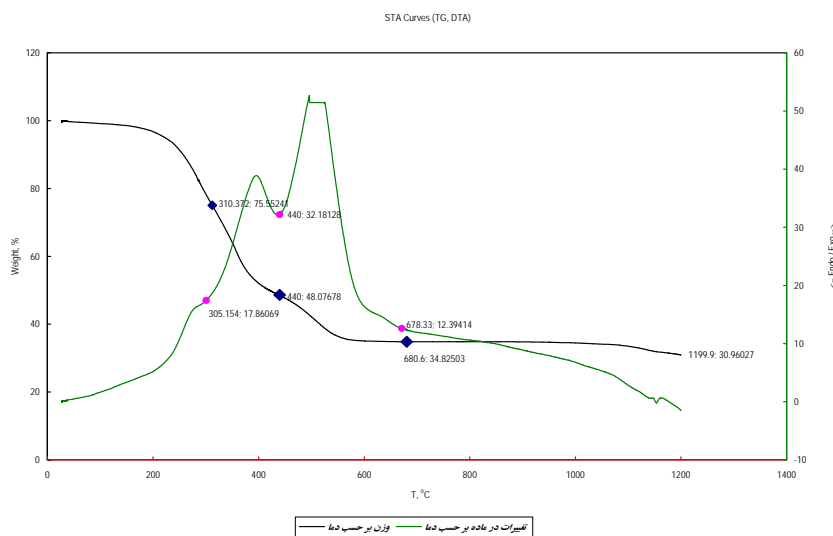
نتایج آنالیز ترکیبی اولیه لجن رنگ خشک شده در دمای ۱۰۰ درجه سانتی گراد در جدول ۴ ذکر شده است.

جدول ۴- ترکیبات اولیه لجن رنگ

ردیف	ترکیبات موجود در لجن رنگ	فرمول شیمیایی ترکیبات موجود در لجن رنگ
۱	دی اکسید سیلسیم (سیلیس)	SiO ₂
۲	دی اکسید تیتانیوم	TiO ₂
۳	اکسید تیتانیوم	TiO
۴	اکسید آلومینیوم	Al ₂ O ₃
۵	کربنات منیزیم و اکسید منیزیم	Mg ₃ O(CO ₃) ₂ / MgO ₂ MgCO ₃
۶	سولفید تیتانیوم	TiS
۷	سولفید آهن	FeS
۸	۱- بنزیل، ۱و۲و۳- تریازول، ۴ و ۵ دی کربوکسیلیک اسید	C ₁₁ H ₉ N ₃ O ₄



نمودار ۲- دیاگرام حاصل از طیف سنجی XRD



نمودار ۳- تست آنالیز حرارتی لجن رنگ از دمای ۲۰ درجه سانتی گراد تا ۱۲۰۰ درجه سانتی گراد با نرخ افزایش دمایی ۲۰ درجه سانتی گراد

د) نتیجه تست آنالیز حرارتی DTA

با توجه به نتیجه تست آنالیز حرارتی و با توجه به بررسی دیگرام مربوطه که شامل دو منحنی تغییرات در ماده بر حسب دما و تغییرات وزن ماده بر حسب دما می باشد، این گونه نتیجه گرفته می شود که طی حرارت دهی به لجن رنگ تا دمای ۱۲۰۰ درجه سانتی گراد با نرخ گرمایشی ۲۰ درجه سانتی گراد، سه استحاله در دماهای حدود ۲۷۰، ۳۹۰ و ۵۰۰ درجه رخ داده است. برای به دست آوردن تغییر ایجاد شده در لجن رنگ و واکنش رخ داده، و این که چه ترکیباتی در هر مرحله باقی مانده اند، از آن XRD گرفته شد. بدین منظور در دماهایی که استحاله پایان

می پذیرد (دماهای ۳۱۰ و ۴۴۰ و ۶۸۰ درجه سانتی گراد)، لجن رنگ حرارت داده شد و پس از هر مرحله و (دقیقاً پس از به پایان رسیدن هر استحاله و قبل از شروع استحاله بعدی)، نمونه ای از لجن گرفته و در هاون خرد شد و تست XRD انجام شد. نتایج حاصل از این آزمایش ها در جداول ۵ تا ۹ نشان داده شده است. شایان ذکر است که منحنی تغییر وزن ماده بر حسب دما، نشان دهنده کاهش حدود ۸۰٪ وزن لجن رنگ تا دمای ۱۲۰۰ تا ۱۴۰۰ درجه سانتی گراد می باشد.

جدول ۵- تغییر وزن ماده بر حسب دما

ردیف	دما	درصد وزنی ماده	درصد تغییر وزن
۱	۳۱۰	۷۵/۵۵	٪۲۵
۲	۴۴۰	۴۸/۰۷	٪۵۱/۹۳
۳	۶۸۰	۳۴/۸۲	٪۶۵/۱۸
۴	۱۲۰۰	۳۰/۹۶	٪۶۹/۰۴

جدول ۶- ترکیبات لجن رنگ حرارت داده شده تا دمای ۳۱۰ درجه سانتی گراد

ردیف	ترکیبات موجود در لجن رنگ	فرمول شیمیایی ترکیبات موجود در لجن رنگ
۱	دی اکسید سیلسیم (سیلیس)	SiO ₂
۲	دی اکسید تیتانیوم	TiO ₂
۳	اکسید تیتانیوم	TiO
۴	اکسید آلومینیوم	Al ₂ O ₃
۵	کربنات منیزیم و اکسید منیزیم	Mg ₃ O(CO ₃) ₂ / MgO ₂ MgCO ₃
۶	سولفید تیتانیوم	TiS
۷	سولفید آهن	FeS
۸	۱- بنزیل، ۱ و ۲ و ۳- تریازول، ۴ و ۵ دی کربوکسیلیک اسید	C ₁₁ H ₉ N ₃ O ₄

جدول ۷- ترکیبات لجن رنگ حرارت داده شده تا دمای ۴۴۰ درجه سانتی گراد

ردیف	ترکیبات موجود در لجن رنگ	فرمول شیمیایی ترکیبات موجود در لجن رنگ
۱	دی اکسید سیلسیم (سیلیس)	SiO ₂
۲	دی اکسید تیتانیوم	TiO ₂
۳	اکسید تیتانیوم	TiO
۴	اکسید آلومینیوم	Al ₂ O ₃
۵	کربنات منیزیم و اکسید منیزیم	Mg ₃ O(CO ₃) ₂ / MgO ₂ MgCO ₃
۶	سولفید تیتانیوم	TiS
۷	سولفید آهن	FeS

جدول ۸- ترکیبات لجن رنگ حرارت داده شده تا دمای ۶۸۰ درجه سانتی گراد

ردیف	ترکیبات موجود در لجن رنگ	فرمول شیمیایی ترکیبات موجود در لجن رنگ
۱	دی اکسید سیلیسیم (سیلیس)	SiO ₂
۲	دی اکسید تیتانیوم	TiO ₂
۳	اکسید تیتانیوم	TiO
۴	اکسید آلومینیوم	Al ₂ O ₃
۶	سولفید تیتانیوم	TiS
۷	سولفید آهن	FeS
۸	اکسید منیزیم	MgO

جدول ۹- ترکیب اولیه لجن و لجن حرارت داده شده در دماهای ۳۱۰، ۴۴۰، ۶۸۰ درجه سانتی گراد

ترکیب اولیه	لجن حرارت داده شده ۳۱۰ درجه	لجن حرارت داده شده تا دمای ۴۴۰	لجن حرارت داده شده ۶۸۰ درجه
FeS	FeS	FeS	FeS
TiS	TiS	TiS	TiS
Al ₂ O ₃	Al ₂ O ₃	Al ₂ O ₃	Al ₂ O ₃
TiO	TiO	TiO	TiO
TiO ₂	TiO ₂	TiO ₂	TiO ₂
SiO ₂	SiO ₂	SiO ₂	SiO ₂
Mg ₃ O(CO ₃) ₂ / MgO ₂ MgCO ₃	Mg ₃ O(CO ₃) ₂ / MgO ₂ MgCO ₃	Mg ₃ O(CO ₃) ₂ / MgO ₂ MgCO ₃	MgO
C ₁₁ H ₉ N ₃ O ₄		C ₁₁ H ₉ N ₃ O ₄	

بحث و نتیجه گیری

با مقایسه نتایج XRF اولیه و استانداردهای مربوطه (جدول ۱۰)، چنین نتیجه گیری می شود که میزان عناصر سنگین در ترکیب لجن رنگ، بالاتر از حدود استاندارد بوده و

بنابراین لجن یادشده دارای غلظت بالایی از عناصر Al، Mg، Ti، Fe، Cu، Zn، V، Sr و غیره می باشد.

جدول ۱۰- استانداردهای عناصر موجود در لجن رنگ

عناصر	حد مجاز عناصر در خاک
منیزیم	100 mg/lit^3
آلومینیوم	5 mg/lit^3
سیلیسیوم	$15 \mu\text{g/kg}^6$
گوگرد	1 mg/lit^4
کلسیم	75 mg/lit^3
تیتانیوم	15 mg/m^3^5
وانادیوم	0.1 mg/lit^3
آهن	3 mg/lit^3
مس	400 mg/kg^3
روی	200 mg/kg^3
استرانسیوم	$4000 \times 10^{-6} \text{ gr/Lit}^6$
۱- استاندارد 2004 EPA (ASTDR) (۱۰) ۲- SEPA (۱۱) ۳- استاندارد میزان مجاز عناصر (۱۲) ۴- effluent standards 2007 (۱۳) ۵- حد مجاز در معرض قرارگیری با دی اکسید تیتانیوم (OSHA) (۱۴) ۶- میزان سیلیسیم در خاک (۱۵)	

فرایندهای استخراج فلزات مختلف از این ماده زاید، ضمن کاهش بار آلاینده‌های به بهره‌وری اقتصادی نیز دست یافت. همچنین از نتایج آزمایش‌ها DTA که به منظور شناسایی استحاله‌ها و واکنش‌هایی که در دماهای مختلف در لجن رنگ روی می‌دهد چنین نتیجه‌گیری می‌شود که می‌توان با استفاده از حرارت‌دهی در دماهای گوناگون نسبت به حذف ترکیبات آلی مضر از قبیل ترکیب خطرناک ۱- بنزیل ۱ و ۲ و ۳- تریازول ۴ و ۵- دی کربوکسیلیک اسید نیز اقدام نمود. همچنین با استفاده از نتایج حاصل از این آزمایش‌ها چنین استنباط می‌شود که ضمن حرارت‌دهی، همچنین امکان تغییر ماهیت و ترکیب برخی از ترکیبات مضر نیز فراهم می‌گردد. از جمله این ترکیبات در لجن رنگ صنایع خودروسازی می‌توان به ترکیب کمپلکس $\text{Mg}_3\text{O}(\text{CO}_3)_2 / \text{MgO}_2 \text{ MgCO}_3$ اشاره نمود

با توجه به این امر، یافتن راه حلی علمی و کاربردی که بر مبنای آن بتوان با بهره‌گیری از فنون علمی روز و با صرف هزینه‌ای اندک امکان حذف آلودگی از لجن رنگ صنایع خودروسازی را فراهم آورد و نیز بتوان از مواد دفعی به نحو احسن بهره‌برداری نمود، در اولویت امر قرار دارد. همچنین ترکیبات موجود در لجن رنگ شامل دی اکسید تیتانیوم، دی اکسید سیلیسیم، اکسید تیتانیوم، اکسید آلومینیوم، اکسید کربنات منیزیم و سولفید تیتانیوم و سولفید آهن و ترکیب آلی ۱- بنزیل ۱ و ۲ و ۳- تریازول ۴ و ۵- دی کربوکسیلیک اسید می‌باشد. از بررسی‌های مفصل و مستدل به عمل آمده و تجزیه و تحلیل نتایج حاصل از آزمایش‌های به صورت گرفته بر روی لجن رنگ، این نتیجه حاصل شد که می‌توان با بهره‌گیری از

7. Wcaslab website. <http://www.wcaslab.com>
8. Bhadeshia Heiny, paul. A, 1996, "what is X-ray diffraction?", physics,upenn.edu website. www.physics.upenn.edu
9. Bhadeshia H.K.D.H. 2004, "Thermal analyses techniques. Differential thermal analysis". University of Cambridge, Material Science and Metallurgy.
10. Agency for Toxic Substances and Disease Registry (ATSDR). 2004. [Toxicological Profile for strontium](#). Atlanta, GA: U.S. Department of Health and Human Services, Public Health Service.
11. Scottish Environment Protection Agency (SEPA), 2002, "State of the Environment Soil Quality Report".
۱۲. استاندارد میزان مجاز عناصر، سایت سازمان حفاظت محیط زیست، www.doe.com
13. Singapore wastewater Effluent Standard, 2007. www.treatment.com.cn
14. Occupational Safety & Health Administration (OSHA) website. www.OSHA.com
۱۵. حبیبی کاسب، حسین، ۱۳۷۱، "مبانی خاک‌شناسی جنگل"، انتشارات دانشگاه تهران.
- که در اثر حرارت دهی تا دمای ۶۸۰ درجه سانتی‌گراد ماهیت کمپلکسیک خود را از دست داده و به اکسید منیزم تبدیل می‌گردد.
- در نهایت و با توجه به جمیع مطالب عنوان شده نتیجه گیری می‌شود که لجن رنگ صنایع خودروسازی حاوی ترکیبات مضر و خطرناک برای محیط زیست می‌باشد و به منظور دفع صحیح و اقتصادی آن می‌توان از روش های نوین استخراج و همچنین روش حذف برای سایر آلاینده‌های باقی مانده بهره‌گیری نمود.
- منابع
1. FUJI Heavy Industries (SUBARU), 2001-2007, "Environment and Social report", www.fhi.co.jp
 2. "Environmental Report", 2003, www.Toyotageorgetown.com
 3. Mitsubishi manufacturing, 2000, "Environmental report".
 4. Global Environment Center Foundation, "The reduction and recycling of waste from a painting process in automobile manufacturing", www.nett.gec.jp
 ۵. ذکایی، فرزین، جعفری، احد، حریرچیان، سمن. ۱۳۸۳، "امکان‌سنجی استفاده از محصول بازیافتی از لجن سالن‌های رنگ به عنوان مکمل بتن و آسفالت".
 6. Amptek website, 2002 "X-ray Fluorescence Spectroscopy" 14 De Angelo Drive, Bedford, MA 01730-2204, USA.