علوم و تکنولوژی محیط زیست ، دوره شانزدهم، شماره یک، بهار ۹۳

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 عتابی[۱]

تاریخ دریافت:۸۷/۴/۱۵ **تاریخ پذیرش:۸۸/۲/۴**

چکیده

لجن‌رنگ 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. دراین تحقیق، با هدف شناسایی آلاینده های 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 gr/lit ۱/۵، روی با غلظتgr/lit ۱۳/۰۹ ، آلومینیوم با غلظت gr/lit ۵۸/۷۶، منیزیم با غلظت gr/lit ۲۳/۰۰۴ ، تیتانیوم با غلظت gr/lit ۳۲/۶۹ ، وانادیوم با غلظت gr/lit ۰/۹ 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. درنتیجه لزوم مطالعات بیشتر در این زمینه جهت حذف این آلودگی‌ها پیشنهاد می‌شود.

واژه های کلیدی: صنایع خودروسازی، لجن‌رنگ، آلودگی، طیف سنجی 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

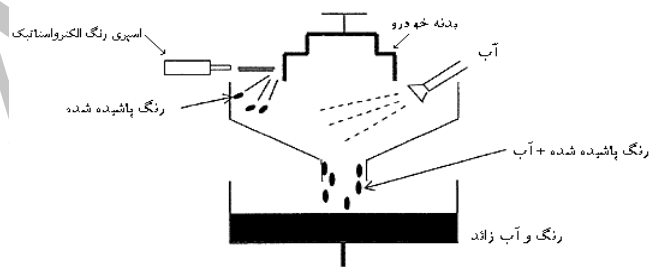
Archive of SID

www.SID.ir

مقدمه

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 وغیره، توانایی تولید بیشترین مقدار زایدات خطرناک را دارا می باشد. در این راستا اطلاع از فرآیند تکشیل لجن رنگ به دلیل آشکارسازی فرآیند تولید آن حائز اهمیت می باشد. 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 شکل۱ 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 واتراش 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 لجن‌کش به دو تسمه نقاله منتقل می‌شود. در نهایت لجن در دو مخزن ذخیره لجن آستر و لجن رنگ جمع‌آوری 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، سوبارو 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 ارایه 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.



شکل۱- فرایند شستشوی هوا با آب و تشکیل لجن (۴)

مواد و روش ها

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

Archive of SID

www.SID.ir

الف ـ طیف سنجی فلورسنس پرتو ایکس

طیف‌سنجی XRF به طور گسترده‌ای در آنالیز کمی‌و کیفی نمونه‌های محیط‌زیستی، زمین‌شناسی، زیست‌شناسی و صنعتی و غیره کاربرد دارد. در مقایسه با دیگر تکنیک‌های مشابه همچون طیف‌سنجی جذب اتمی[1] AAS و طیف سنجی پلاسمایی زوج قیاسی ICPS[2] و آنالیز فعال نوترونی NAA[3]، 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 سایپا) 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 پرتوX 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 ـ طیف سنجی پراش پرتو ایکس

پراش پرتو X روشی مناسب جهت بررسی‌های کمی‌و کیفی مواد بلورین به فرم پودر و یا جامد می‌باشد. اساس کار دراین روش بر پایه انعکاس پرتوهای پرتو X از مجموعه صفحات اتمی‌با 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 ارایه گردید. به منظور انجام این آزمایش، نمونه خشک و پودر (با مش ریز) استفاده شد.

ج ـ 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 ارایه گردیده است.

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

Archive of SID

www.SID.ir

جدول۱ـ میزان رطوبت و وزن ماده خشک لجن رنگ

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

بر اساس محاسبات انجام یافته، یک لیتر لجن نهایی دارای وزنی معادل ۱۳۷۷/۲۵ گرم وحاوی۴۰۴/۲۲ گرم ماده خشک و دانسیته آن برابر ۱/۳۷۷۲۵ gr/cm^3 می باشد.

ب) نتایج طیف‌سنجی فلورسنس پرتوX

نتایج حاصل از فلورسنس پرتوایکس (۲ـ الف) در جدول۲ نشان داده شده است.

جدول۲ـ نتیجه آزمایش طیف‌سنجی XRF لجن رنگ

عناصر	غلظت (درصد وزنی)	شدت[1]
منیزیم	۴/۲۴۲	۱۱۴/۱
آلومینیوم	۱۰/۸۳۶	۳۰۸/۲
سیلیسیوم	۱۳/۴۵۶	۸۰۱/۳
گوگرد	۲۰/۳۰۷	۴۰۸۷/۲
کلسیم	۳۴/۱۸۶	۱۰۷/۲
تیتانیوم	۶/۰۲۹	۲۸/۶
وانادیوم	۰/۱۷۰	۱/۴
آهن	۷/۱۳۶	۱۸۷/۰۰
مس	۰/۲۸۷	۱۷/۷
روی	۲/۴۱۴	۲۰۷/۶
استرانسیوم	۰/۷۷۹	۳۲۷/۲

1- Intensity

Archive of SID

www.SID.ir

بر اساس درصد وزنی مشخص شده در نتیجه آزمایش XRF لجن رنگ(جدول۲)، وزن عناصر در یک کیلوگرم لجن رنگ خشک شده محاسبه گردیده و همچنین وزن عناصر در ماده خشک به دست آمده از یک لیتر لجن رنگ محاسبه شد. این نتایج در جدول ۳ ذکر شده است.

جدول ۳ـ 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 درماده 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

ج) نتایج طیف‌سنجی پراش پرتو ایکس

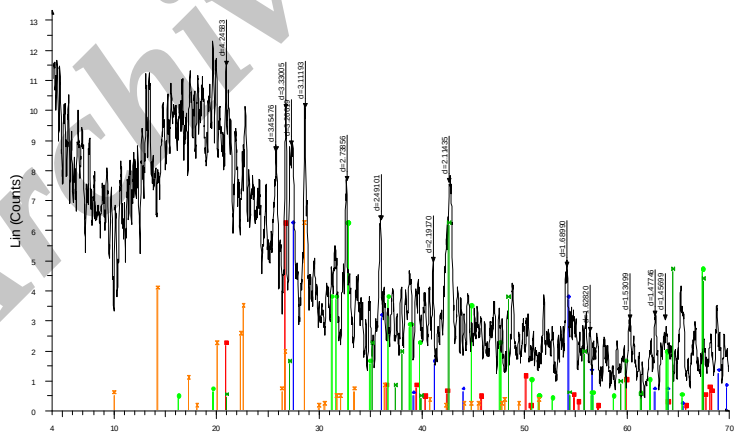
نتایج آنالیز ترکیبی اولیه لجن رنگ خشک شده در دمای ۱۰۰ درجه سانتی گراد در جدول ۴ ذکر شده است. دیاگرام حاصل از آزمایش در نمودارهای ۱ و ۲ نشان داده شده است.

Archive of SID

www.SID.ir

جدول۴ـ ترکیبات اولیه لجن‌رنگ

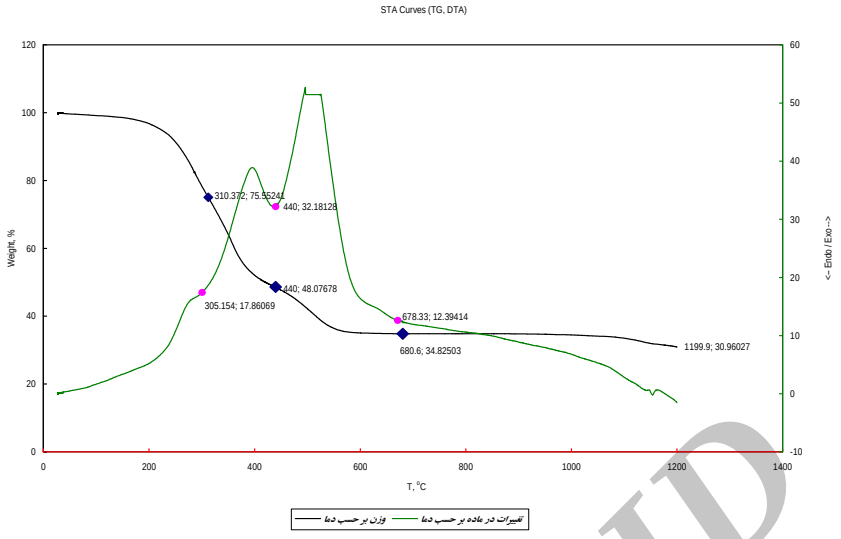
ردیف	ترکیبات موجود در لجن رنگ	فرمول شیمیایی ترکیبات موجود در لجن رنگ
۱	دی اکسید سیلسیم (سیلیس)	SiO2
۲	دی اکسید تیتانیوم	TiO2
۳	اکسید تیتانیوم	TiO
۴	اکسید آلومینیوم	Al2O3
۵	کربنات منیزیم و اکسید منیزیم	Mg3O(CO3)2 / MgO2 MgCO3
۶	سولفید تیتانیوم	TiS
۷	سولفید آهن	FeS
۸	۱ـ بنزیل، ۱و۲و۳ـ تریازول، ۴ و۵ دی کربوکسیلیک اسید	C11H9N3O4



نمودار ۲ـ دیاگرام حاصل از طیف سنجی XRD

Archive of SID

www.SID.ir



نمودار ۳ـ 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 دیاگرام مربوطه که شامل دو منحنی تغییرات در ماده بر حسب دما و تغییرات وزن ماده بر حسب دما می‌باشد، این‌گونه نتیجه گرفته می‌شود که طی حرارت‌دهی 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 این‌که چه ترکیباتی در هر مرحله باقی مانده‌اند، از آن XRD گرفته شد. بدین منظور در دماهایی که استحاله پایان می‌پذیرد (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)، نمونه‌ای از لجن گرفته و در هاون خرد شد و تست XRD انجام شد. نتایج حاصل از این آزمایش‌ها در جداول ۵ تا ۹ نشان داده شده است.

شایان ذکر است که منحنی تغییر وزن ماده بر حسب دما، نشان‌دهنده کاهش حدود ۸۰٪ وزن لجن رنگ تا دمای ۱۲۰۰ تا ۱۴۰۰ درجه سانتی گراد می‌باشد.

جدول۵ـ 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

Archive of SID

www.SID.ir

جدول۶ـ ترکیبات لجن‌رنگ حرارت داده شده تا دمای ۳۱۰ درجه سانتی‌گراد

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_2O_3
۵	کربنات منیزیم و اکسید منیزیم	$Mg_3O(CO_3)_2$ / MgO_2 $MgCO_3$
۶	سولفید تیتانیوم	TiS
۷	سولفید آهن	FeS
۸	۱ـ بنزیل، ۱و۲و۳ـ تریازول، ۴ و۵ دی کربوکسیلیک اسید	$C_{11}H_9N_3O_4$

جدول۷ـ ترکیبات لجن‌رنگ حرارت داده شده تا دمای ۴۴۰ درجه سانتی‌گراد

ردیف	ترکیبات موجود در لجن رنگ	فرمول شیمیایی ترکیبات موجود در لجن رنگ
۱	دی اکسید سیلسیم (سیلیس)	SiO2
۲	دی اکسید تیتانیوم	TiO2
۳	اکسید تیتانیوم	TiO
۴	اکسید آلومینیوم	Al2O3
۵	کربنات منیزیم و اکسید منیزیم	Mg3O(CO3)2 / MgO2 MgCO3
۶	سولفید تیتانیوم	TiS
۷	سولفید آهن	FeS

Archive of SID

www.SID.ir

جدول۸ـ ترکیبات لجن‌رنگ حرارت داده شده تا دمای ۶۸۰ درجه سانتی‌گراد

ردیف	ترکیبات موجود در لجن رنگ	فرمول شیمیایی ترکیبات موجود در لجن رنگ
۱	دی اکسید سیلسیم (سیلیس)	SiO2
۲	دی اکسید تیتانیوم	TiO2
۳	اکسید تیتانیوم	TiO
۴	اکسید آلومینیوم	Al2O3
۶	سولفید تیتانیوم	TiS
۷	سولفید آهن	FeS
۸	اکسید منیزیم	MgO

جدول ۹ـ ترکیب اولیه لجن و لجن حرارت داده شده در دماهای ۳۱۰، ۴۴۰، ۶۸۰ درجه سانتی‌گراد

ترکیب اولیه	لجن حرارت داده شده ۳۱۰درجه	لجن حرارت داده شده تا دمای ۴۴۰	لجن حرارت داده شده ۶۸۰درجه
FeS	FeS	FeS	FeS
TiS	TiS	TiS	TiS
Al_2O_3	Al_2O_3	Al_2O_3	Al_2O_3
TiO	TiO	TiO	TiO
TiO_2	TiO_2	TiO_2	TiO_2
SiO_2	SiO_2	SiO_2	SiO_2
$Mg_3O(CO_3)_2$ / MgO_2 $MgCO_3$	$Mg_3O(CO_3)_2$ / MgO_2 $MgCO_3$	$Mg_3O(CO_3)_2$ / MgO_2 $MgCO_3$	MgO
$C_{11}H_9N_3O_4$	$C_{11}H_9N_3O_4$		

بحث و نتیجه‌گیری

با مقایسه نتایج XRF اولیه و استانداردهای مربوطه (جدول ۱۰)، چنین نتیجه‌گیری می‌شود که میزان عناصر سنگین در ترکیب لجن رنگ، بالاتر از حدود استاندارد بوده و بنابراین لجن یادشده دارای غلظت بالایی از عناصر Mg ، Al، Ti، Fe، Cu، Zn، V، Sr وغیره می‌باشد.

Archive of SID

www.SID.ir

جدول ۱۰ـ استانداردهای عناصر موجود در لجن‌رنگ

عناصر	حد مجاز عناصر در خاک
منیزیم	۱۰۰ mg/lit [۳]
آلومینیوم	۵ mg/lit [۳]
سیلیسیوم	۱۵ µg/kg [۶]
گوگرد	۱ mg/lit [۴]
کلسیم	۷۵ mg/lit [۳]
تیتانیوم	۱۵ mg/m^3 [۵]
وانادیوم	۰/۱ mg/lit [۳]
آهن	۳ mg/lit [۳]
مس	۴۰۰ mg/kg [۳]
روی	۲۰۰ mg/kg [۲]
استرانسیوم	۴۰۰۰×۱۰^{-۶} gr/Lit [۱]

۱- استاندارد EPA 2004 (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 سیلسیم در خاک (۱۵)

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 سیلسیم، اکسید تیتانیوم، اکسید آلومینیوم، اکسید و کربنات منیزیم و سولفید تیتانیوم و سولفید آهن و ترکیب آلی ۱- بنزیل ۱و ۲ و۳- تریازول ۴و۵- 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 می توان با بهره‌گیری از 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 نتیجه گیری می‌شود که می‌توان با استفاده از حرارت‌دهی در دماهای گوناگون نسبت به حذف ترکیبات آلی مضر از قبیل ترکیب خطرناک ۱- بنزیل ۱و ۲و 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 $Mg_3O(CO_3)_2$ / MgO_2 $MgCO_3$ اشاره نمود

Archive of SID

www.SID.ir

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.
7. Wcaslab website. http://www.wcaslab.com
8. Bhadeshia Heiny, paul. A, 1996, "what is X-ray diffraction?, phisics,upenn.edu website. www.phisics,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.

Archive of SID

www.SID.ir