



بررسی عملکرد و خواص ریز ساختاری در تهیه مبدل کاتالیستی بوسیله La(CO, Ce, Mn, Fe, Pd)O₃ ۲۰/۰۰۰ کیلومتر با استفاده از پمپ باد و مکش خلاء و مقایسه با مبدل‌های کاتالیستی ایران خودرو

ارسیا خان فکر^{۱*}، مرتضی امرونی حسینی^۲، زیارت علی نعمتی^۳، کاوه ارزانی^۴

چکیده:

در این پژوهه با حذف فلزات گرانبهای پلاتین و روDیم و تنها با استفاده از ۱/۲ گرم پالادیم، مبدل کاتالیستی Pd-La-Ce را با پرسه ساخت دستیابی به ساختار پروسکایت، برای خودرو دوگانه سوز روا بوسیله پمپ باد و مکش خلاء تهیه گردید. پس از ساخت نمونه های اوLیه در آزمایشگاه شرکت طراحی مهندسی و تهیه قطعات ایران خودرو (سپکو) و انجام تست‌های میزان آلایندگی (AVL)، با مقایسه نتایج تست آلایندگی مبدل‌های کاتالیستی ساخته شده و مبدل‌های وارداتی همراه با فلزات گرانبهای توسط شرکت ایران خودرو، درصد آلایندگی بسیار کمتری در میزان گازهای سمی CO و HC,NOx در حالت گاز سوز در نتایج حاصل از استفاده از کاتالیست ساخته شده، مشاهده گردید. جهت بررسی نحوه عملکرد کاتالیست‌های ساخته شده، از نمونه‌های ساخته شده بوسیله پمپ باد و پمپ خلاء بعد از طی مسافت ۱۰/۰۰۰ و ۲۰/۰۰۰ کیلومتر نیز تست AVL در حالت گاز سوز گرفته شد که به مراتب نتایج نمونه ساخته شده بوسیله پمپ خلاء بهتر بود. جهت بررسی ریز ساختاری، در ابتداء نمونه مونولیت(ایه مبدل کاتالیستی جهت پوشش مواد) وارداتی جهت انجام آزمایشات، تصویر برداری SEM برای بررسی شکل، توزیع و اندازه تخلخل‌ها به آزمایشگاه متالورژی سپکو و همچنین آزمایش‌های BET برای اندازه‌گیری سطح ویژه، XRF، جهت بررسی ترکیبات موجود و XRD برای بررسی فازهای موجود، به پژوهشکده مواد و انرژی کرج فرستاده شد. نمونه‌های نهایی مبدل کاتالیستی ساخته شده نیز جهت بررسی ریز ساختاری به مرکز پژوهش متالورژی رازی فرستاده شدند. تصاویر SEM جهت بررسی شکل، توزیع و اندازه تخلخل‌ها مورد تحلیل و بررسی قرار گرفت.

تاریخ دریافت مقاله:

۸۷/۶/۹

تاریخ پذیرش مقاله:

۸۷/۷/۱۵

کلمات کلیدی:

مبدل کاتالیستی، مونولیت، خودرو دوگانه سوز، آلودگی هوای پروسکایت.

مقدمه

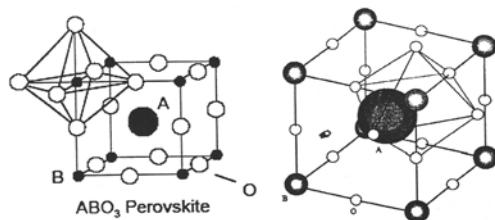
طبق بررسی های آماری سهم خودروها در آلوده کردن هوا تقریباً ۶۰٪ و سایر آلیندها در جهان حدود ۴۰٪ می باشد. یکی از ابزارهای مفید به منظور نیل به کاهش انتشار آلیندها از خودروها، استفاده از مبدل کاتالیزوری است. اگر بخواهیم میزان مواد خروجی از اگزوژن انواع خودروهایی که دارای مبدل کاتالیزوری هستند را با انواعی که فاقد آن هستند مقایسه کنیم، می بینیم که میزان هیدروکربن های مشتعل نشده در این موتورها CO ، انواع اکسید کربن CO_2 و انواع اکسید ازت NO_x کاهش پیدا می کند^[۱]. کاتالیست کنورتور قطعه ای متخلخل و به شکل استوانه در قسمت اگزوژن خودرو می باشد، که در داخل سوراخ های آن لایه ای از مواد کاتالیزوری می نشانند. در حقیقت این مبدل ها، پروسسورهای شیمیایی کوچکی هستند که در کاهش مواد آلینده ناشی از احتراق موتورهای درونسوز، نقش زیادی ایفا می کنند. امروزه استفاده از کاتالیست هایی که به طور همزمان عمل تبدیل هر سه نوع آلینده را انجام دهنند، مد نظر است. به این نوع کاتالیست ها، سه راهه^۱ می گویند.

در سال ۱۹۷۲ Voorhoeve گزارش کرد، که اکسیدهای پروسکایت در تصفیه گازهای خروجی از اگزوژن خودروها، فعالیت کاتالیستی قابل مقایسه با پلاتین پایه دار دارند^[۲]. همچنین پروسکایت ها دارای خاصیت جذب و دفع اکسیژن می باشند، که در مبدل های سه راهه کمیت مهمی است. زیرا ذخیره سازی اکسیژن نقش مهمی در عملیات اکسیداسیون و احیاء تبدیلات گاز اگزوژن دارد و دیگر در صد تبدیل نسبت به تغییرات اکسیژن در جریان گاز ورودی حساس نمی باشد^[۳]. فعالیت کاتالیستی پروسکایت ها با ساختار $\text{A}_{\text{x}}\text{B}_{(1-\text{x})}\text{O}_3$ ، اغلب به طور شدیدتری با نوع و مقدار کاتیون های جایگزین شونده^۲ A' تغییر می کند. معمولاً یک مقدار بهینه x وجود دارد که بالاترین فعالیت کاتالیستی را می دهد، که مقدار آن به واکنشگری که اکسید می شود بستگی دارد. می توان اینگونه توجیه کرد که افزایش حرک یون های اکسیدی با افزایش x انتقال اکسیژن را از بالک به سطح میسر می سازد. جایگزینی جزئی فلزات^۳ B' خارجی در سایت B ، همانند جایگزینی جزئی سایت A ، می تواند باعث ایجاد ساختمنی نقص دار که خواص کاتالیستی آن تغییر کرده است شود. به علاوه اغلب می توان اثر همسو و قدرتمندی را با اختلاط در جز سایت B که هر دو فعال کاتالیستی هستند، ایجاد نمود. این اثر همسو به این صورت تصور می شود که یک جزء باعث ارتقاء فعال سازی (جذب سطحی) واکنشگر شده و جزء دیگر باعث ایجاد واکنش پذیری بالای اکسیژن شبکه می گردد. به عنوان مثال فعالیت $\text{LaMn}_{0.6}\text{Cu}_{0.4}\text{O}_3$ از فعالیت La_2CuO_4 و یا LaMnO_3 در واکنش اکسیداسیون CO بیشتر است^[۴]. در بعضی از مواقع ترکیبات پروسکایت را ترکیبات دمدمی^۵ می نامند. به دلیل آنکه پروسکایت ها، ترکیباتی هستند که می توانند با جایگزینی جزئی، دارای خواص کاملاً متفاوتی گرددند، که از این حیث می توان آنها را ترکیباتی با قابلیت انعطاف پذیری نسبتاً بالا قلمداد نمود^[۵]. طبق تحقیقات انجام شده

1) Three-Way catalysts

2) Chemical Chameleons

فعالیت پروسکایتهاي ABO_3 بدون جايگزيني، بيشتر تحت تاثير کاتيون سایت B میباشد تا کاتيون سایت A. به عنوان مثال، سرعت اکسیداسيون پروپان روی کاتالیستهاي LaFeO_3 و LaCoO_3 بسيار متفاوت است.^[۶] به نظر مىرسد که پروسکایتها با توجه به قيمت ارزان تر، سنت راحت و پايداري حرارتی نسبتاً بالا، مىتوانند به جاي فلزات گرانبهای پايهدار، برای تبديل گازهای خروجی از اگزوز خودروها استفاده شوند. در سال ۱۹۷۱ Libby ادعا کرد که پروسکایتها مىتوانند به عنوان کاتالیست در تبديل گاز خروجی از اتومبیلها به کار روند.^[۷] در شکل شماره (۱) ساختار ایدهآل شبکه پروسکایت قابل مشاهده می باشد.^[۸]



شکل (۱): ساختار ایدهآل شبکه پروسکایت^[۸]

در حال حاضر در کشور کاتالیستهاي بكار رفته تنها برای خودروهای بنزين سوز میباشد که برای خودروهای گاز سوز نيز بكار مىروند. با توجه به سياست‌گذاري های اخیر کشور و تولید خودروهای دوگانه سوز و با توجه به گران بودن کاتالیستهاي خودروهای دوگانه سوز وارداتی، در اين پروژه سعی کرده‌ایم، بوسيله امكانات و سرمایه گذاري بزرگترین شركت خودرو سازی داخلی، به دانش ساخت کاتالیستي مناسب برای خودروهای دوگانه سوز برسیم. همچنین تلاش گردید تا از فلزات گران بها کاسته و با استفاده از ترکیبات پروسکایت، کاتالیستي ارزان تر و مناسب با درصد آلایندگی کمتر تهیه نماییم.

آزمایشات:

در ابتدا نمونه‌ی مونولیت(پايه کاتالیست) وارداتی جهت انجام يکسری آزمایشات لازم شامل، تصویر برداری میکروسکوپ الکترونی روبشی^۱ جهت بررسی شکل، توزیع و اندازه‌ی تخلخل‌ها به آزمایشگاه متالورژی ساپکو و همچنین آزمایش‌های اندازه گیری سطح ویژه^۲، میکروسکوپ الکترونی تابشی^۳ جهت بررسی ترکیبات موجود و پراش اشعه ایکس^۴ برای بررسی فازها به پژوهشکده مواد و انرژی کرج فرستاده شد. سپس جهت ساخت مبدل کاتالیزوری و پوشش دهی آن بر روی پايه

1) SEM
1) BET
2) XRF
3) XRD



منولیتی، با توجه به سیاست ارزان سازی جهت حذف و یا کاهش فلزات گرانبهای همچون پالادین، پلاتین و روデیم اقدام به ساخت مبدل کاتالیستی بدون استفاده از فلزات گران بهای پلاتین و رودهیم نمودیم. جهت ساخت نمونه کاتالیستی ۱ و ۲ مواد را طبق جدول شماره(۱) آماده کردیم.

جدول (۱): آنالیز مخلوط پروسکایت تهیه شده در نمونه های ساخته شده

شماره نمونه	آب مقطر (cc)	نیترات پالادین(گرم)	کلرو آهن(گرم)	نیترات منگنز(گرم)	نیترات لانتانیم(گرم)	نیترات کیالت(گرم)	نیترات سریم(گرم)	هیدروکسید آلومنیم(گرم)
۲	۱۵۰	۱/۲	۴/۰۰	۳۹/۷۵	۱۲/۳۴	۳/۵	۲۵	۵۴/۴

پس از وزن کردن و جدا سازی پودرهای مورد نظر، آنها را به ترتیب در یک بشر پلاستیکی به همراه ۱۵۰ cc م قطره ریخته و در زیر همزن الکتریکی با دور ۴۰۰ دور در دقیقه به مدت سه ساعت قرار دادیم، تا مواد به خوبی حل گردیده و سوسپانسیون یکستی تهیه گردد. همچنین به میزان ۱۰٪ وزنی مواد اسید سیتریک اضافه گردید تا از واکنش مواد با یکدیگر اطمینان حاصل گردد. در طول مدت همزدن مواد PH محلول اندازه گیری شد، و جهت رسیدن به PH مناسب، به محلول فوق بوسیله پیت ۸CC اسید کلریدریک اضافه کردیم و PH را از ۶/۶ به ۳/۲۰ رساندیم. سپس از دو منولیت استوانه ای شکل با قطر خارجی ۱۲، قطر داخلی ۸ و ارتفاع ۵ سانتی متر جهت پوشش دهی در خودرو روآ استفاده کردیم. دیپ کردن منولیتها در محلول فوق بمدت ۲ دقیقه صورت گرفت و محلول واش کت را در سوراخ های منولیت (cpsi ۴۰۰) وارد کردیم. سپس مواد را در نمونه شماره ۱ بوسیله جریان هوای ناشی از پمپ باد و نمونه شماره ۲ را بوسیله مکش خلاء بطور یکنواخت پخش کرده و سوراخ های گرفته شده را باز کردیم، تا کلیه سولول های منولیت سرامیکی جهت بازدهی بیشتر باز شوند. حال به مدت ۱۵ دقیقه تحت جریان هوای در آون ۱۳۴ درجه سانتی گراد منولیت حاصل را خشک میکنیم. این امر را ۱۲ بار تکرار کردیم تا کلیه محلول واش کت را به درون منولیتها وارد کنیم. پس از خشک شدن، منولیتها را به درون کوره انتقال داده و درجه حرارت را با سرعت ۱۰ درجه سانتی گراد بر دقیقه به ۷۶۰ درجه سانتی گراد رساندیم و به مدت ۳ ساعت آنرا در این دما نگهداری کردیم تا نمک های بکار رفته کلسینه شوند. سپس به آرامی درجه حرارت کوره را به ۵۰ درجه سانتی گراد (بمدت ۵ ساعت) رساندیم. افزایش وزن منولیت قبل و بعد از پوشش دهی بوسیله واش کت به میزان ۳۷-۳۵ گرم برای هر منولیت صورت گرفت. جهت کینیگ منولیت حاصل، بجای استفاده از پوشش مت خارجی از پوشش مت تهیه شده در ایران استفاده گردید. (پوشش شرکت تارابگین) و سپس در کارگاه شرکت ساپکو، منولیت را درون پوشش فلزی مناسب قرار دادیم. سپس نمونه آماده شده را پس از اتصال به لوله اگزوژن خودرو روآ بر زیر خودرو دوگانه سوز روآ نصب شد. در نهایت آلاینده های حاصل از احتراق خودرو بوسیله دستگاه AVL شرکت ساپکو اندازه گیری شد. پس از اعمال پوشش در پایان جهت آزمایشات SEM و بررسی ریز ساختاری نمونه ها به پژوهشگاه رازی فرستاده شد، که در قسمت نتایج به بررسی آنها پرداخته ایم.

نتایج

جهت دسته بندی مناسب نتایج، ابتدا به بحث و بررسی نتایج حاصل از تست AVL و میزان آلاینده های ناشی از احتراق خودرو که هدف اصلی این پژوهه می باشد، می پردازیم. سپس به بررسی بیشتر ریز ساختاری نمونه های اصلی و



بحث و بررسی آزمایشات SEM انجام شده بر روی آنها می‌پردازیم. نتایج AVL حاصل از نمونه ساخته شده بر روی متولیت‌های خودروی روا در دو حالت موتور سرد (بالا فاصله پس از استارت) و موتور گرم (پس از ۱۵ دقیقه کارکرد خودرو) در حالت گازسوز در جدول (۳) و در حالت بنزین سوز در جدول (۴) آورده شده است.

جدول (۳): نتایج حاصل از تست AVL نمونه‌های شماره ۱، ۲ و نمونه ایران خودرو در حالت گاز سوز بر حسب درصد گاز خروجی در دو حالت موتور سرد (بالا فاصله پس از استارت) و موتور گرم (پس از ۱۵ دقیقه کارکرد خودرو)

نمونه ۱ درحالت گرم	نمونه ۱ درحالت سرد	نمونه ۲ درحالت گرم	نمونه ۲ درحالت سرد	نمونه ایران خودرو در حالت گرم	نمونه ایران خودرو در حالت سرد	نمونه ایران خودرو در حالت سرد	درصد خروچی
۱/۰۱۹	۱/۰۲۵	۱/۰۲۲	۱/۰۳۳	۱/۰۲۴	۱/۰۳۹	۱/۰۳۹	λ
۰/۱۸	۰/۳۴	۰/۲۶	۰/۴۸	۰/۳۶	۰/۵۱	۰/۵۱	CO
۱۲/۶	۱۲/۲	۱۲/۱	۱۲/۰	۱۱/۹	۱۱/۸	۱۱/۸	CO ₂
۰/۵۵	۰/۷۱	۰/۶۸	۰/۸۳	۰/۸۲	۰/۹۹	۰/۹۹	O ₂
۵۲	۶۳	۵۸	۶۸	۶۴	۷۱	۷۱	HC
۱۹	۲۶	۲۱	۲۷	۲۲	۲۹	۲۹	NOx

جدول (۴): نتایج حاصل از تست AVL نمونه‌های شماره ۱، ۲ و نمونه ایران خودرو در حالت بنزین سوز بر حسب درصد گاز خروچی در دو حالت موتور سرد (بالا فاصله پس از استارت) و موتور گرم (پس از ۱۵ دقیقه کارکرد خودرو)

نمونه ۱ درحالت گرم	نمونه ۱ درحالت سرد	نمونه ۲ درحالت گرم	نمونه ۲ درحالت سرد	نمونه ایران خودرو در حالت گرم	نمونه ایران خودرو در حالت سرد	درصد خروچی	
۱/۰۱۵	۱/۰۱۶	۱/۰۱۳	۱/۰۱۵	۱/۰۱۵	۱/۰۱۶	۱/۰۱۶	λ
۰/۴۳	۰/۵۴	۰/۴۴	۰/۵۶	۰/۴۵	۰/۵۶	۰/۵۶	CO
۱۵/۴	۱۵/۱	۱۵/۴	۱۵/۲	۱۵/۴	۱۵/۱	۱۵/۱	CO ₂
۰/۵۳	۰/۵۴	۰/۵۴	۰/۵۶	۰/۵۵	۰/۵۸	۰/۵۸	O ₂
۵۱	۵۲	۵۲	۵۳	۵۱	۵۳	۵۳	HC
۲۳	۲۴	۲۳	۲۷	۲۲	۲۴	۲۴	NOx

نتایج حاصل از آلایندگی در نمونه ساخته شده و نمونه مبدل کاتالیستی ایران خودرو، در حالت گازسوز تفاوت چشم گیری را دارا می‌باشد و در حالت بنزین سوز نتایج بسیار نزدیک به هم می‌باشد. بدین منظور جهت بررسی راحت‌تر و با توجه به نگاه ویژه این پروژه به ساخت مبدل کاتالیستی برای خودروها در حالت گازسوز، تنها به مقایسه و بررسی بیشتر نتایج در نمودارهای مختلف در حالت گازسوز می‌پردازیم.

جهت بررسی نحوه عملکرد کاتالیست‌های ساخته شده، از نمونه شماره ۱ و ۲ بعد از طی مسافت ۱۰/۰۰۰ و ۲۰/۰۰۰ کیلومتر نیز تست AVL در حالت گاز سوز گرفته شد، که نتایج آن‌ها در جدول (۵) و جدول (۶) آورده شده است.

جدول (۵): نتایج تست AVL نمونه شماره ۱ و ۲ در حالت گاز سوز پس از طی مسافت ۱۰/۰۰۰ کیلومتر

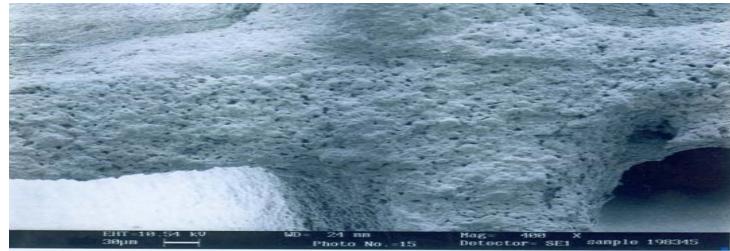
درصد خروجی	نمونه ۱ در حالت سرد	نمونه ۱ در حالت گرم	نمونه ۲ در حالت سرد	نمونه ۲ در حالت گرم
λ	۱/۰۳۶	۱/۰۲۳	۱/۰۲۷	۱/۰۲۱
CO	۰/۵۱	۰/۲۸	۰/۳۵	۰/۲۲
CO_2	۱۱/۹	۱۲/۱	۱۲/۲	۱۲/۴
O_2	۰/۸۶	۰/۷۲	۰/۷۵	۰/۵۸
HC	۷۰	۶۲	۶۶	۵۵
NOx	۲۹	۲۳	۲۷	۲۱

èç/ççç

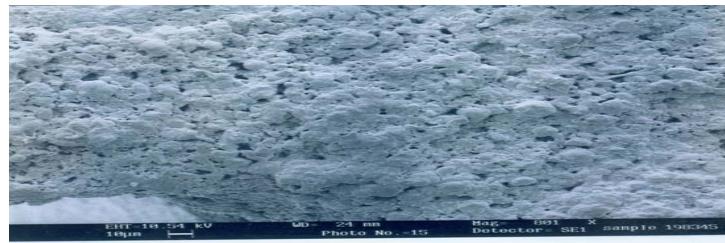
جدول (۶): نتایج تست AVL نمونه شماره ۱ و ۲ در حالت گاز سوز پس از طی مسافت ۲۰/۰۰۰ کیلومتر

درصد خروجی	نمونه ۱ در حالت سرد	نمونه ۱ در حالت گرم	نمونه ۲ در حالت سرد	نمونه ۲ در حالت گرم
λ	۱/۰۴۳	۱/۰۲۵	۱/۰۲۷	۱/۰۲۲
CO	۰/۵۸	۰/۳۹	۰/۳۷	۰/۲۴
CO_2	۱۱/۱	۱۱/۵	۱۲/۰	۱۲/۲
O_2	۰/۹۵	۰/۸۶	۰/۷۸	۰/۶۲
HC	۷۵	۶۹	۶۸	۵۷
NOx	۳۱	۲۵	۲۷	۲۲

میزان آلایندگی پس از طی مسافت ۲۰/۰۰۰ کیلومتر در نمونه شماره ۲ تغییر چندانی نکرده است، ولی نمونه شماره ۱ تغییرات زیادی داشته و شاهد افزایش میزان آلایندگی ها می‌باشیم. می‌توان علت این امر را پوشش دهنده بهتر مواد بر روی پایه کاتالیست توسط پمپ خلاء فرض کرد، که این امر در بررسی عکس‌های حاصل از SEM قابل مشاهده است. آنالیز XRD به عمل آمده از پایه کاتالیستی پوشش داده نشده، نشان میدهد که فاز اصلی موجود، فاز کوردیریت با فرمول $2Al_2O_3 \cdot 2MgO \cdot 0.5SiO_2$ می‌باشد و هیچ اثری از پیک فازهای فرعی دیده نمی‌شود. از این مسئله می‌توان نتیجه گیری کرد که فازهای فرعی پرکننده ما بین فازهای اصلی (کوردیریت) آمورف بوده و در نتیجه در آنالیز مشخص نشده است (به این دلیل که مواد با ساختار آمورف در آنالیز اشعه X پیک مشخصه‌ای از خود ندارند). با توجه به ترکیبات موجود فاز فرعی آمورف ایجاد شده فاز مولایت می‌باشد. نتایج حاصل از آنالیز XRF نیز فاز $Mg_2Al_4Si_5O_{18}$ را نشان داد، که تاییدی بر صحت نتیجه‌ی حاصل از آنالیز XRD می‌باشد. همچنین آزمایش BET بر روی پایه کاتالیست مرتع (وارداتی) صورت گرفت که بر اساس آن سطح ویژه ای برابر با $q.m/gr = ۲۳/۵۵۵۵$ که مناسب برای لایه نشانی می‌باشد اندازه‌گیری شد. تصاویر SEM گرفته شده توسط میکروسکوپ الکترونی در آزمایشگاه متالوگرافی ساپکو با بزرگنمایی مختلف در شکل (۵) و (۶) به خوبی نمایانگر توزیع، شکل و اندازه‌ی تخلخل‌ها در نمونه‌ی مونولیت کوردیریتی می‌باشد. از این تصاویر در می‌باییم که تخلخل‌های ساختاری غیر کروی و با اندازه‌ی میانگین $3\mu m$ و توزیع تصادفی و تقریباً یکنواخت می‌باشند. همچنین اندازه‌ی بزرگترین تخلخل‌ها $7\mu m$ و ریزترین آنها حدود $0.5\mu m$ می‌باشد.

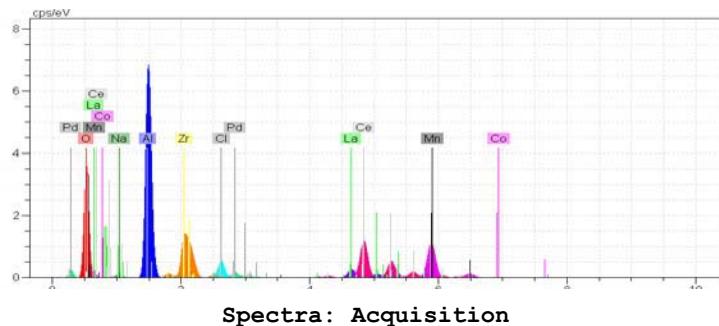


شکل(۵): تصویر تقاطع دو دیواره‌ی مونولیت لانه زنوری با بزرگنمایی ۴۰۰ برابر



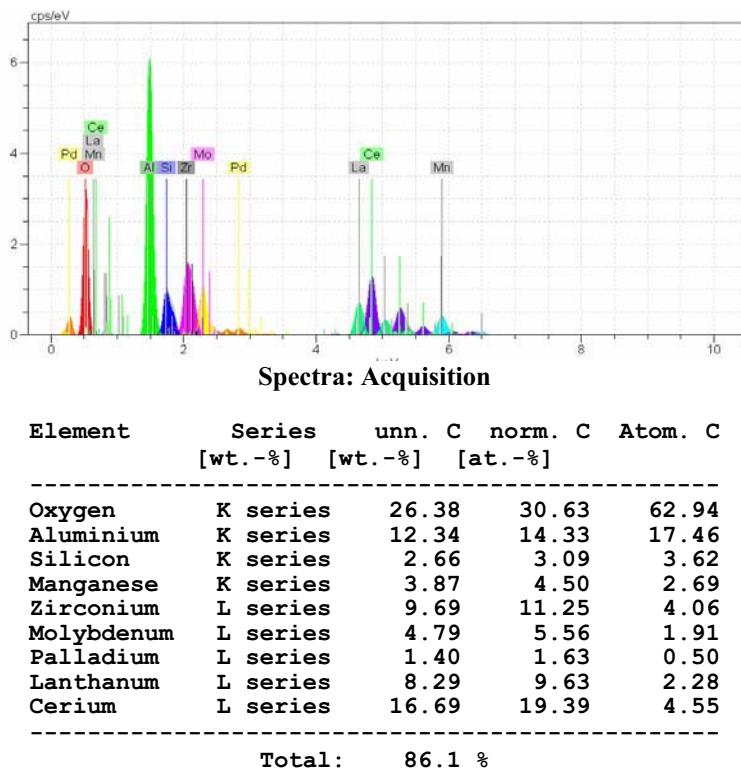
شکل(۶): تصویر تقاطع دو دیواره‌ی مونولیت لانه زنوری با بزرگنمایی ۸۰۰ برابر

نتایج آنالیز عنصری EDX از نمونه شماره ۱ و ۲ در شکل (۷) و (۸) آورده شده است.



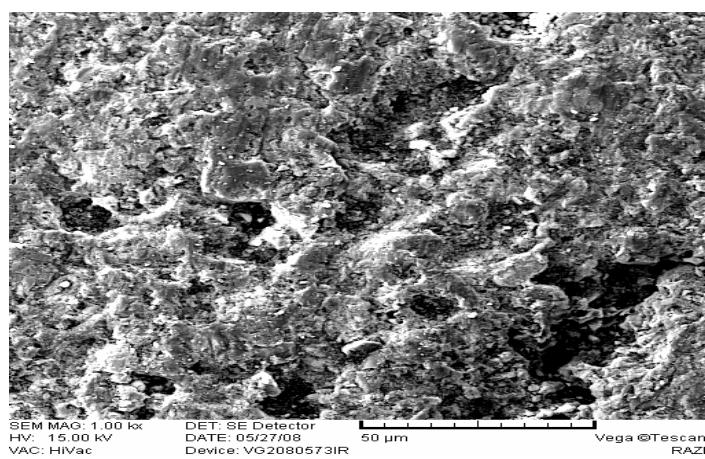
Element	Series	unn. C [wt.-%]	norm. C [wt.-%]	Atom. C [at.-%]
Oxygen	K series	27.89	30.54	60.39
Sodium	K series	0.48	0.53	0.72
Aluminium	K series	15.36	16.81	19.71
Chlorine	K series	1.59	1.74	1.55
Manganese	K series	12.40	13.57	7.82
Cobalt	K series	0.05	0.06	0.03
Zirconium	L series	10.49	11.48	3.98
Palladium	L series	1.00	1.09	0.33
Lanthanum	L series	3.64	3.99	0.91
Cerium	L series	18.44	20.19	4.56
Total:		91.3 %		

شکل (۷): آنالیز عنصری EDX از نمونه شماره ۱

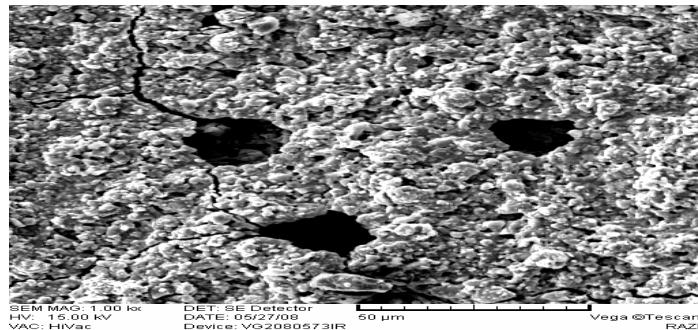


شکل (۸): آنالیز عنصری EDX از نمونه شماره ۲

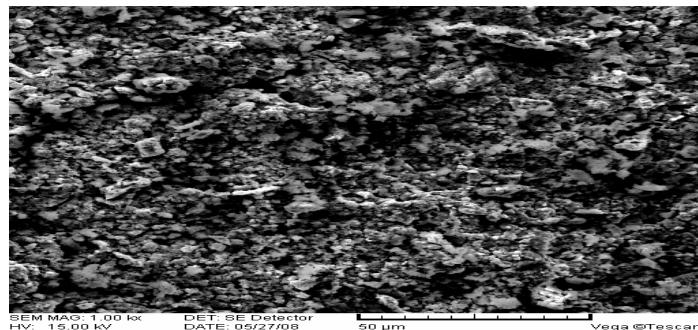
تصاویر SEM نمونه شماره ۱ که در پروسه ساخت آن از فشار باد استفاده گردید و نمونه شماره ۲ ساخته شده بوسیله پمپ خلاء در شکل های (۹)، (۱۰)، (۱۱) و (۱۲) قابل مشاهده است.



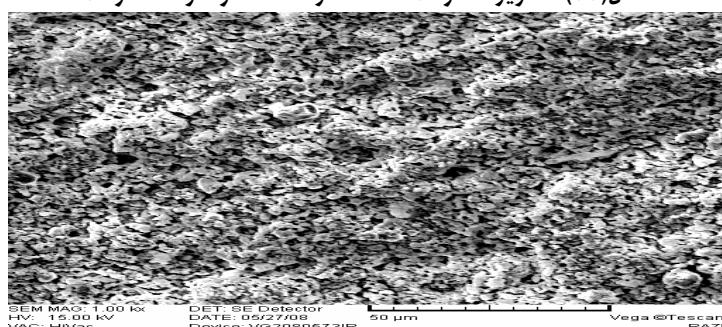
شکل (۹): تصویر شماره ۱، گرفته شده از نمونه شماره ۱



شکل(۱۰): تصویر شماره ۲، گرفته شده از نمونه شماره ۱

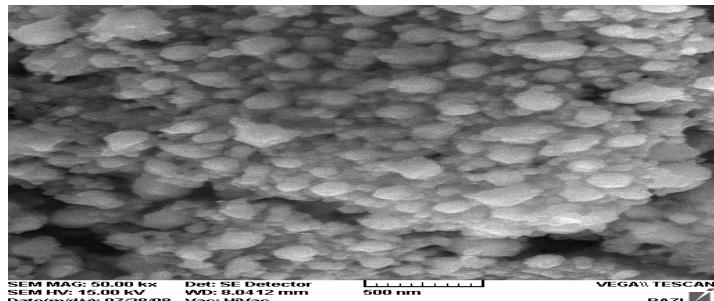


شکل(۱۱): تصویر شماره ۱، گرفته شده از نمونه شماره ۱

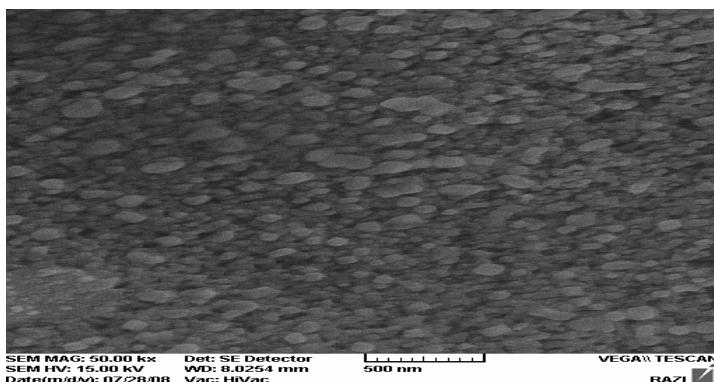


شکل(۱۲): تصویر شماره ۲، گرفته شده از نمونه شماره ۲

همانگونه که مشاهده می شود، نمونه شماره ۱ دارای پوششی غیر یکنواخت تر به همراه تخلخل هایی با اندازه ۱ تا ۲۵ میکرومتر می باشد. همچنین در قسمت هایی پوشش دچار ترک شده است که می تواند به دلیل خشک شدن سریع لایه بیرونی در تماس با جریان غیر یکنواخت باد باشد. در نمونه شماره ۲ که بدون استفاده از جریان باد و بوسیله مکش پمپ خلاء ایجاد شده است، شاهد پوشش دهی بسیار یکنواخت تر با تخلخل های کمتر و بسیار ریزی از ۰/۵ تا ۱۰ میکرومتر هستیم. در بررسی تصاویر SEM نمونه های شماره ۱ و ۲ در بزرگنمایی بیشتر، شاهد رسیدن به ذرات با ابعاد ۱۰۰ تا ۱۰۰ نانومتر در نمونه شماره ۱ در شکل (۱۳) و ذرات با ابعاد ۵۰ تا ۲۵۰ نانومتر در نمونه شماره ۲ در شکل (۱۴) هستیم.

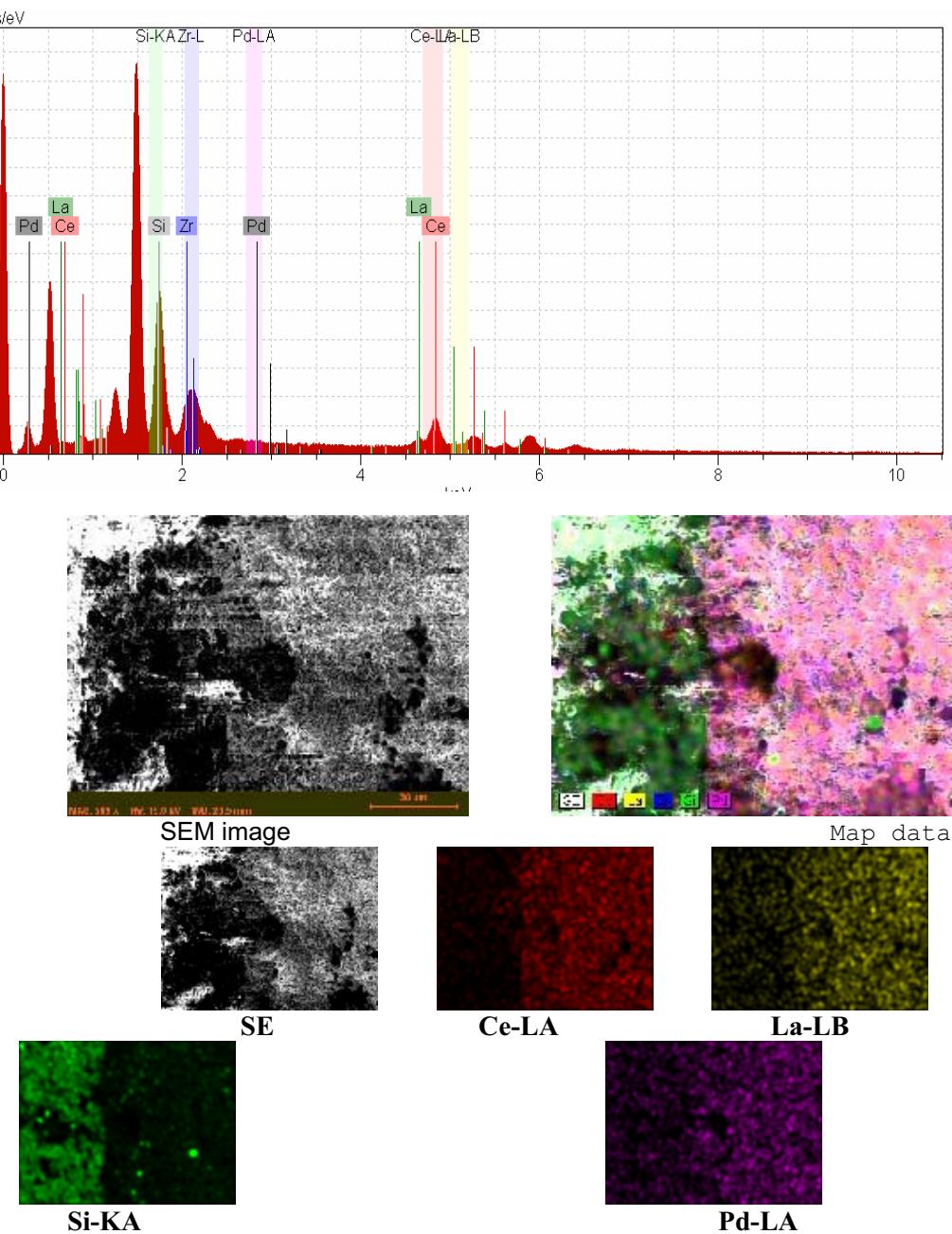


شکل(۱۳): تصویر شماره ۳، گرفته شده از نمونه شماره ۱

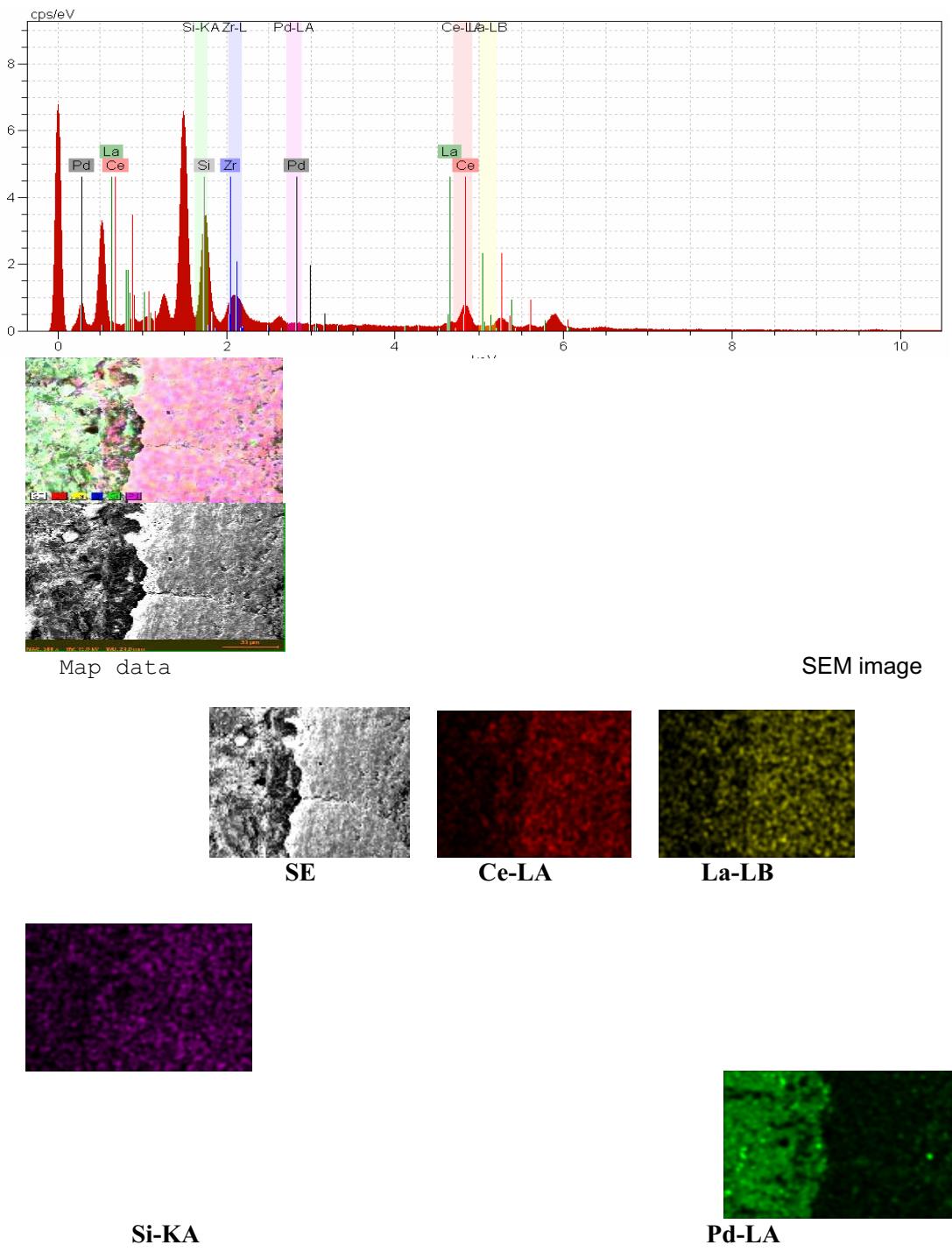


شکل(۱۴): تصویر شماره ۳، گرفته شده از نمونه شماره ۲

همچنین به بررسی لایه بافر تشکیل شده ما بین بدنه و پوشش پرداخته‌ایم. با توجه به نمودارهای MAP در شکل-های (۱۵) و (۱۶) می‌توان نتیجه گرفت که نفوذ از بدنه به پوشش و از پوشش به بدنه صورت گرفته است. میزان این نفوذ در نمونه شماره ۲ به مراتب بیشتر از نمونه شماره ۱ می‌باشد و چسبندگی پوشش و بدنه در نمونه شماره ۲ بیشتر است که سبب کارکرد بهتر و طول عمر بیشتر مبدل کاتالیستی، اندازه ذرات ریزتر، پخش شدن ذرات بصورت یکنواخت تر در سطح منولیت، پوشش دهی بهتر مواد بدون وجود میکرو ترکها در بدنه پوشش، نفوذ بهتر مواد پوشش به بدنه و بلعکس و وجود تخلل‌های کمتر و ریزتر در پوشش گردیده است. این امر به خوبی در نتایج تست آلایندگی پس از ۲۰۰۰ کیلومتر بر روی خودرو مشاهده گردید. پس در ساخت کاتالیست استفاده از باد به هیچ عنوان پیشنهاد نمی‌شود. با توجه به دیاگرام‌های دو فازی میان عناصر سازنده کوردریت و عناصر بکار رفته در پوشش، کلیه فازها در زیر ۷۶۰ درجه سانتی گراد اکثراً بصورت محلول جامد هستند و با توجه به قوانین Hume-Rothery (یعنی ساختار بلوری مشابه - اختلاف شعاع اتمی کمتر از ۱۵٪ - تمایل ترکیبی عناصر و دور بودن آنها از یکدیگر در جدول تناوبی - ظرفیت اتمی متفاوت) به احتمال زیاد نفوذ از طریق تشکیل محلول جامد جانشینی صورت گرفته است. احتمال تشکیل محلول جامد بین‌نشین به دلیل عدم وجود عناصر کوچک در پوشش و بدنه بسیار کم می‌باشد.



شکل(۶-۲۸): تصویر MAP گرفته شده از نمونه شماره ۱



شکل (۱۰): تصویر MAP گرفته شده از پوشش نمونه ۲



منابع

- [۱] ارزانی کاوه، امروزی حسینی مرتضی، ۱۳۸۴، طراحی و ساخت نمونه مبدل کاتالیزوری پایه سرامیکی برای خودرو، مركز تحقیقات مواد ساپکو
- [2] Teraoka, Y., Zhang, H. M., Yamazoe, N., (1998). 9th Internat. Cogr. Catal. Calgary, 10-22.
- [3] Masui, T., Ozaki, T., Machida, K., Adachi, G., (2000) " Preparation of ceria-zirconia subcatalysts for automotive exhaust cleaning", J. Alloys and Compounds, 303-304.
- [4] V.G. Milt, C.A. Querini, E.E. Miró, and M.A. Ulla , 220 (2003) ," Abatement of diesel exhaust pollutants: NOx adsorptionon Co,Ba,K/CeO₂ catalysts", Journal of Catalysis 424–432.
- [5] Nitin K. Labhsetwar a,b, A. Watanabe b, R.B. Biniwale a, R. Kumara, T. Mitsuhashi b,(2001), " Alumina supported, perovskite oxide based catalytic materials and their auto-exhaust application", Applied Catalysis B: Environmental 165–173.
- [6] Jen, H. W., Graham, G. W., Chun, W. McCabe, R. W., Cuif , J. P., Deutsch, S. E., Touret, O., (1999) , "Characterization of model automotive exhaust catalysts : Pd on ceria-zirconia supports", Catal. Today, 50 - 309.
- [7] Teraoka, Y., Zhang, H. M., Yamazoe, N., (1998), 9th Internat. Cogr. Catal. Calgary, , 1984.
- [8] Nitin K. Labhsetwar a,b, A. Watanabe b, R.B. Biniwale a, R. Kumara, T. Mitsuhashi b, (2001) " Alumina supported, perovskite oxide based catalytic materials and their auto-exhaust application", Applied Catalysis B: Environmental 33 ,165–173.