

ساخت مبدل کاتالیزوری پایه فلزی

مرتضی امرونی حسینی^۱

مانی آزادمند^{۲*}

mani_azadmand@yahoo.com

کاوه ارزانی^۳

تاریخ پذیرش: ۹۰/۵/۲

تاریخ دریافت: ۸۹/۱۱/۱۷

چکیده

در این تحقیق در راستای کاهش گازهای آلاینده خروجی از خودرو ، مبدل کاتالیزوری پایه فلزی طراحی و ساخته شد که نمونه های ساخته شده قابلیت نصب و استفاده بر روی خودروهای با حجم موتورهای مختلف را دارا می باشد. به این منظور مراحل زیر برای ساخت این مبدل ها انجام گرفت. در ابتدا آماده سازی ورق ۴- α شامل رول کردن و عملیات حرارتی و سپس ساخت مونولیت، در مرحله دوم تهیه واش کوت و آماده سازی فلزات گران بها (کاتالیزور) و پوشش دادن آن بر روی مونولیت واش کوت شده و در آخرین مرحله جلد گیری مبدل کاتالیزوری صورت گرفت. بعد از طی مراحل بالا تست های مورد نیاز شامل : اندازه گیری آلاینده های خروجی از خودرو، پایداری مبدل در خودرو (تست جاده) و در نهایت اندازه گیری میزان مصرف سوخت خودروهای مجهز به مبدل کاتالیزوری صورت گرفت که نتایج تست آلاینده های نشان داد میزان نشر گاز CO خروجی از خودرو متناسب با استاندارد جهانی Euro3 بوده و در مورد نشر گاز NO_x خروجی این میزان متناسب با استاندارد Euro4 می باشد و همچنین در مورد نشر NO_x + HC استاندارد Euro3 رعایت شده است.

واژه های کلیدی: مبدل کاتالیزوری، خودرو، گازهای آلاینده، مونولیت، فلزات گران بها.

۱- دانشیار، مرکز تحقیقات مواد سایکو، تهران، ایران.

۲- دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم و تحقیقات، گروه سرامیک، تهران، ایران * (مسئول مکاتبات).

۳- استادیار، گروه سرامیک، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم و تحقیقات، تهران، ایران.

مقدمه

یکی از ابزارهای مفید به منظور نیل به کاهش انتشار آلاینده‌ها از خودروها استفاده از مبدل کاتالیزوری است. مقایسه بین میزان آلاینده‌های خودروهای فاقد مبدل کاتالیزوری با خودروهایی که از مبدل کاتالیزوری استفاده می‌کنند، نشان

دهنده کاهش درمیزان هیدروکربن‌های مشتعل نشده به میزان ۹۷٪، انواع اکسید کربن ۹۶٪ و انواع اکسید ازت ۹۵٪ می‌باشد.

جدول ۱- واکنش‌های صورت گرفته در کاتالیست کنورتور

1	$\text{CO} + \text{O}_2 \rightarrow \text{CO}_2$	4	$\text{CO} + \text{NO}_x \rightarrow \text{N}_2 + \text{CO}_2$	7	$\text{H}_2 + \text{NO} \rightarrow \text{NH}_3 + \text{H}_2\text{O}$
2	$\text{HC} + \text{O}_2 \rightarrow \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O}$	5	$\text{HC} + \text{NO}_x \rightarrow \text{N}_2 + \text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2$	8	$\text{CO} + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{CO}_2 + \text{H}_2$
3	$\text{H}_2 + \text{O}_2 \rightarrow \text{H}_2\text{O}$	6	$\text{H}_2 + \text{CO} \rightarrow \text{N}_2 + \text{H}_2\text{O}$	9	$\text{HC} + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{CO}_2 + \text{H}_2$

این مبدل‌ها در دو نوع فلزی و سرامیکی ساخته می‌شود که در این میان مبدل‌های فلزی به علت آرایه خواص برتر نسبت به کاتالیست‌های سرامیکی برتری خود را اثبات کرده‌اند. این برتری‌ها عبارتند از داشتن سلولهای دارای حجم زیاد و دیواره نازک، کاهش افت فشار گاز داخل سلولها و داشتن سطح بیشتر جهت انجام واکنش کاتالیزوری، مقاومت در برابر ضربه و عوامل مکانیکی، گرم شدن سریع و آغاز واکنش از اولین لحظات استارت. به همین دلیل نیز صنایع مدرن اتومبیل‌سازی در فن‌آوری و طراحی جدید از این نوع مبدل‌ها جهت برطرف نمودن گازهای مضر و حاصل از سوخت خودروها استفاده می‌کنند.

این مبدل‌ها شامل یک یا دو استوانه مشبک (مونولیت) فلزی هستند که روی سطح ورقه آن که به ضخامت ۳۰-۶۵ میکرومتر می‌تواند باشد، یک لایه آلومینای متخلخل بنام آلومینای انتقالی گاما پوشانده شده و داخل حفرات آلومینا ذرات فلزات فعال کننده واکنش‌های احیایی مانند رودیم (Rh) و ذرات فلزات فعال کننده واکنش‌های اکسیدی مانند پلاتین (Pt) قرار گرفته است [۲].

مونولیت داخل یک بستر نسوز پیچانده می‌شود و سپس داخل یک بستر لوله مانند فلزی مقاوم به اکسیداسیون در دمای بالا قرار داده می‌شود و پس از انجام عملیات جوشکاری در نزدیکی موتور در مسیر اگزوز قرار داده می‌شود.

در اواسط سال ۱۹۶۰ قوانین کنترل انتشار آلاینده‌های خروجی از اگزوز اتومبیل‌ها در کالیفرنیا مطرح شد که در نتیجه آن بسیاری از کمپانی‌های سازنده کاتالیست، کارهای تحقیقاتی خود را برای تهیه این نوع کاتالیست‌ها آغاز نمودند. استاندارد‌های اولیه کنترل آلودگی هوا توسط کمپانی‌های سازنده اتومبیل و بدون استفاده از سیستم‌های کاتالیستی تامین می‌گردید، لیکن سخت‌تر شدن استاندارد‌ها در دهه ۱۹۷۰ منجر به تلاش برای ساخت کاتالیست‌های مناسب به جهت تامین این استاندارد‌ها گردید و از سال ۱۹۷۵ به بعد انواع متنوعی از کاتالیست‌ها برای کنترل و کاهش آلاینده‌های خروجی از اگزوز اتومبیل در آمریکا مورد استفاده قرار گرفت.

تا قبل از سال ۱۹۷۸ در آمریکا برای کاهش آلاینده‌هایی مانند مونواکسید کربن و هیدروکربن‌های نسوخته، از کاتالیست‌های اکسید کننده (دو راهه) در مبدل‌ها استفاده می‌گردید. بعد از سخت‌تر شدن استاندارد‌های کنترل آلودگی هوا به خصوص در زمینه انتشار اکسید‌های نیتروژن، استفاده از کاتالیزورهایی که بتوانند همزمان با اکسیداسیون مونواکسید کربن و هیدروکربن‌های نسوخته، احیای اکسید‌های نیتروژن را نیز تسریع نماید مورد توجه قرار گرفت [۱].

امروزه استفاده از کاتالیست‌هایی که به طور همزمان عمل تبدیل هر سه نوع آلاینده را انجام دهند، مد نظر است. به این نوع کاتالیست‌های سه راهه (Tree-Way catalysts) می‌گویند.

۵- نشانند فلزات گرانبه‌های پلاتین (Pt) ، پالادیوم (Pd) و رودیم (Rh) (کاتالیزور) بر روی واش کوت و فیوز کردن آنها به وسیله حرارت .

۶- جلدگیری (Canning)

۷- آزمایش‌های عملکردی مبدل کاتالیزوری تهیه شده که شامل موارد زیر هستند:

الف - پایداری در خودرو (تست جاده)

ب - مصرف سوخت خودروهای مجهز به مبدل کاتالیزوری

ج - اندازه‌گیری آلاینده‌های خروجی از خودرو

یافته‌ها

پس از انجام بررسی‌های لازم ورق α -۴ برای ساخت مونولیت و مواد شیمیایی مورد نیاز (هگزاکلروپلاتینیک اسید، نیترات رودیم، نیترات پالادیوم، نیترات رنیم) انتخاب شد. نقش ورقه فولادی برای ساخت مونولیت بسیار مهم است. مشخصات ورق انتخابی در جدول ۲ آورده شده است.

هدف از انجام این تحقیق دستیابی به دانش فنی ساخت مبدل‌های کاتالیزوری پایه فلزی با نگاهی صنعتی، شامل پروسه‌ی تولید پایه‌ی کاتالیست، آماده‌سازی واش کوت و پوشش‌دهی آن بر روی پایه‌ی کاتالیست، نشانند مواد کاتالیزوری بر روی واش کوت، جلدگیری و نصب و انجام تست‌های استاندارد می‌باشد.

روش بررسی

۱- انتخاب ورقه فولادی مناسب برای ساخت مونولیت (ورق α -۴) و مواد شیمیایی مورد نیاز (هگزاکلروپلاتینیک اسید، نیترات رودیم، نیترات پالادیوم، نیترات رنیم).

۲- کرکره کردن و رول کردن ورقه‌های α -۴.

۳- انجام عمل آنیل بر روی ورقه‌های رول شده استوانه‌ای α -۴ برای رسیدن به سطح متخلخل برای چسبندگی بهتر واش کوت بر سطح آن .

۴- تولید واش کوت اکسیدآلومینیوم و نشانند آن بر روی ورق α -۴ به عنوان محمل فلزات گرانبه‌ها (کاتالیزور) .

جدول ۲- مشخصات ورق α -۴ انتخاب شده

عرض (width)	ضخامت (thickness)	نوع عملیات حرارتی	کد شرکت سازنده
30 mm	50 mm	Soft - Annealed	Sandvic OC404

آنالیز ورقه ارسال شده شامل عناصر مندرج در جدول ۳ بود.

جدول ۳- آنالیز ورقه α -۴ انتخاب شده

آهن	فلزات خاکی نادر (rare earth element)	کربن (C)	کروم (Cr)	آلومینیوم (Al)
بالانس	0.02%	0.02%	20%	5.5%

غلطک فلزی ساخته شد که به وسیله غلطک ورقه‌های α -۴ به صورت کرکره‌های سینوسی با دامنه $1/4$ mm و ارتفاع $1/4$ mm شکل داده شد. با قرار دادن یک ورق کرکره شده و یک ورق صاف بر روی هم و پیچاندن آن‌ها حول یک محور مشترک

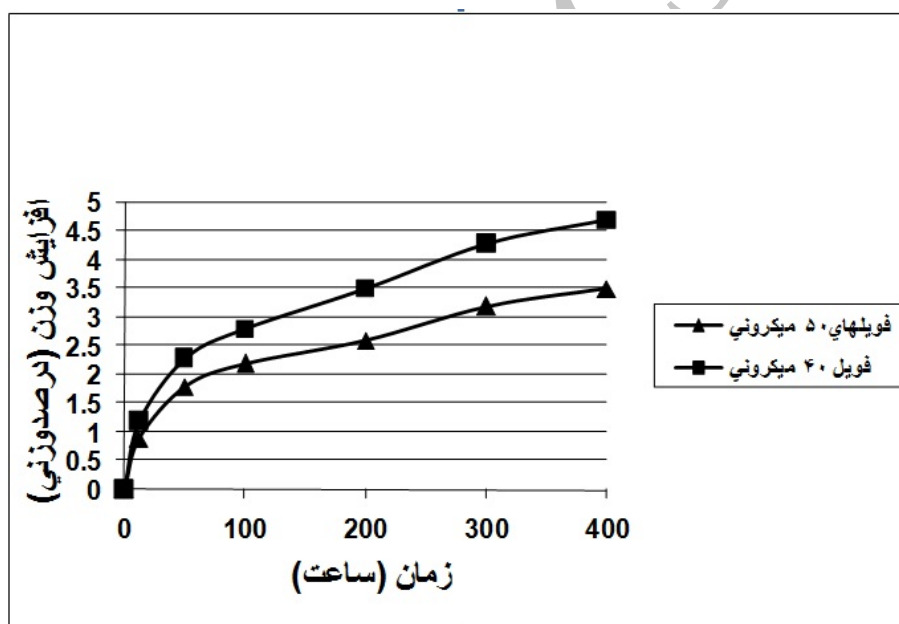
وجود فلزات خاکی نادر جهت افزایش چسبندگی اکسید آلومینیوم تشکیل شده بر سطح و جلوگیری از تشکیل پوسته بر سطح در اثر حرارت بالا لازم می‌باشد. جهت رسیدن به سطح زیاد باید ورقه α -۴ را به صورت کرکره درآورده شود. برای کرکره‌دار کردن ورقه‌ها، با استفاده از دستگاه CNC یک

آن به نسبت ۵۰ به ۵۰ مخلوط تولوئن و زایلین و چند قطره نونیل آلکیل سولفونات اضافه شد. سپس یک نوار از ورق α -۴ توسط این محلول شستشو داده شد. پس از شستشو ورقه α -۴ در درجه حرارت ها و زمان های مختلف جهت آنیل شدن مورد آزمایش قرار گرفت، تا زمان و درجه حرارت و افزایش وزن بهینه ورقه α -۴ در اثر اکسید شدن به دست آید. شکل ۱ تغییرات وزنی فویل های ۴۰ و ۵۰ میکرونی را بر حسب زمان و در دمای ثابت 1100°C نشان می دهد. همان طور که در شکل نیز مشخص است تغییر وزن (تشکیل لایه های اکسیدی) در نمونه ۴۰ میکرونی در هر زمان بیشتر از نمونه ۵۰ میکرونی بوده و در هر دو به صورت پارابولیک می باشد.

یک مونولیت استوانه ای شکل با سلول های مثلثی شکل ایجاد شد.

به همین روش یک سری نمونه های کوچک آزمایشی وهفت نمونه در ابعاد استاندارد ساخته شد.

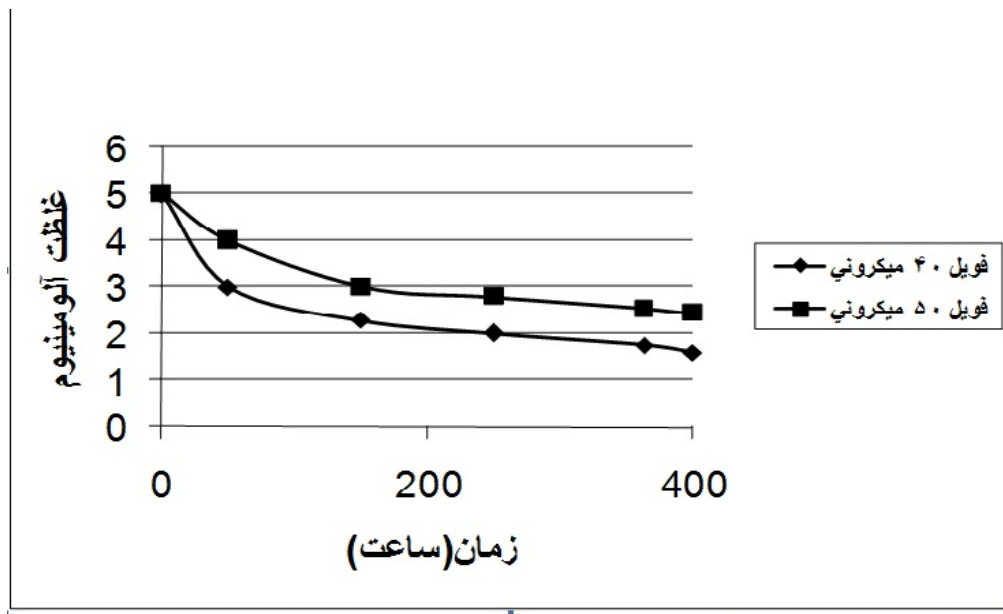
عملیات آنیل بر روی ورقه های رول شده استوانه ای α -۴ برای رسیدن به سطح متخلخل برای چسبندگی بهتر واشر کات آنیل بر سطح آن انجام یافت. برای رسیدن به زمان و دمای بهینه آنیل کردن آزمایش های زیادی صورت گرفت. قبل از عملیات حرارتی روی ورقه ابتدا باید آن را چربی گیری کرد اگر عملیات چربی گیری خوب انجام نشود چسبندگی در حد مطلوب نخواهد بود و ناحیه های ضعیف واشر کات روی سطح به وجود می آید. برای چربی گیری در داخل یک بشر آب مقطر ریخته و سپس به



شکل ۱ - تغییر وزن نمونه های ۴۰ و ۵۰ میکرونی در دمای 1100°C درجه سانتی گراد

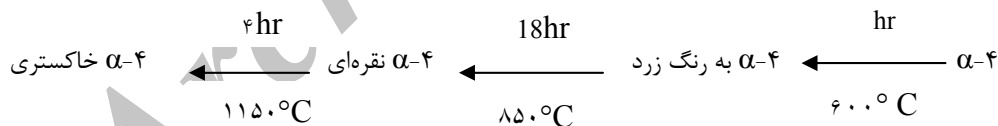
نمودار ایجاد می گردد که زمان ایجاد این شکست در حقیقت زمان شروع اکسیداسیون داخلی فویل و نتیجتاً ایجاد ترک بر روی سطح اکسید محافظ Al_2O_3 می باشد.

در شکل ۲ کاهش میزان آلومینیوم در نمونه در زمان های مختلف نشان داده شده است. همان طور که از نمودار مشخص است با گذشت زمان و افزایش مدت اکسیداسیون، در اثر افت مقدار آلومینیوم و کم شدن آن از حد بحرانی شکستی در



شکل ۲- تغییرات غلظت آلومینیوم در زمان‌های مختلف برای ضخامت‌های مختلف

به آمدن کروم موجود در ورقه α -۴ به سطح ورقه می‌باشد و پس از گذشت ۴ ساعت دیگر دمای کوره به 850°C رسید که رنگ ورقه نیز در این حالت نقره‌ای گردید و به همین ترتیب زمان و درجه حرارت افزایش داده شد تا رنگ ورقه به صورت خاکستری درآید (آمدن آلومینای α به سطح ورق) که خلاصه زمان و درجه حرارت‌ها در زیر آورده شده است:



پس از ۴۰۰ ساعت اکسیداسیون در 1100°C درجه سانتی‌گراد حدود ۸ میکرون افزایش ضخامت در فویل ۴۰ میکرون به چشم می‌خورد. یک نوار باریک از α -۴ در کوره قرار داده شد و کوره روشن گردید. در دمای 600°C و پس از گذشت ۵/۵ ساعت رنگ ورقه زرد متمایل به قرمز بود که علت تشکیل این رنگ مربوط

در ادامه واش کوت اکسید آلومینیوم تولید و به عنوان محمل فلزات گران بها (کاتالیزور) بر روی ورق α -۴ اعمال شد. دلایل انتخاب آلومینا به عنوان واش کوت:

- ۱- آلومینا ارزان قیمت است.
 - ۲- با گاز واکنش نمی‌کند.
 - ۳- دارای سطح کافی جهت انجام واکنش است.
- پس از تشکیل اکسید آلومینیوم نوع α بر سطح ورقه α -۴ که دارای چسبندگی بالا و مقاومت خوبی می‌باشد، لازم بود افزایش سطح اکسید آلومینیوم که بعدها سبب بازده بالای تبدیل آلاینده‌ها می‌شود مدنظر قرار گیرد. به همین دلیل از

برای به دست آوردن زمان و دمای بهینه آنیل شدن ورقه‌های مختلفی از α -۴ را پس از شستشو دادن با محلول چربی‌گیر وزن نموده و در یک محدوده زمانی افزایش وزن را که همان تشکیل اکسید آلومینیوم است اندازه‌گیری گردید و در نهایت این نتیجه‌گیری به عمل آمد که اگر ورقه α -۴ به مدت ۴ ساعت در درجه حرارت 1150°C قرار داده شود، بیشینه اکسید آلومینیوم نوع α تشکیل می‌گردد. لازم به ذکر است که در زمان‌های بالاتر میزان اکسید آلومینیوم تشکیل شده افزایش بسیار کندی دارد که از نظر اقتصادی مقرون بصره نمی‌باشد.

سپس ۱۳۰ گرم چسب اتیل سیلیکات ۶۰٪ با صد گرم γ - آلومینا به کمک همزن خوب هم زده شد (۱۹۸۰ rpm) سپس نوار α -۴ از کوره خارج و پس از سرد شدن در محلول فوق فرو برده و سپس در آن 60°C خشک گردید و مجدداً در محلول چسب اتیل سیلیکات فروبرده شد. مشاهده شد که لایه‌های γ - آلومینا بر روی هم نشستند و کنده می‌شوند. با وجود این در آن 60°C درجه خشک و به مدت ۵ دقیقه در کوره 850°C قرار داده شد، ولی چسبندگی اکسید آلومینیوم نوع γ روی نوار α -۴ مطلوب نبود.

آزمایش ۲: چسباندن γ -Al₂O₃ بر روی نوار α -۴

ابتدا ۱۰۴ گرم چسب اتیل سیلیکات برداشته شد و ۶۰ گرم γ - آلومینا به آن اضافه گردید و زیر همزن کاملاً هم زده شد. چند سی‌سی اسید استیک به آن افزوده شد تا مخلوط کاملاً یک دست گردد و نیز به میزان ۱۵٪ وزنی مخلوط نیز کلریدسیریم و زیرکونیا اضافه گردید، سپس دو نوار α -۴ را جداگانه در آن فرو برده و پس از خشک کردن معلوم گردید که لایه γ - آلومینا کاملاً تشکیل نشده و فاقد یکنواختی کامل بر سطح ورقه α -۴ بود، به همین خاطر هم آزمایش با ۱۰۰ گرم γ - آلومینا و ۱۳۰ گرم چسب اتیل سیلیکات تکرار شد که پوشش یک دست و یکنواختی بر سطح ورقه α -۴ حاصل گردید.

آزمایش ۳: اثر آنیل کردن ورقه در چسبندگی γ - آلومینا

یک نوار α -۴ را پس از چربی‌گیری در مخلوط ۷۷٪ وزنی γ - آلومینا در چسب اتیل سیلیکات فرو کرده و پس از خشک کردن در آن، در کوره قرار داده و به مدت نیم ساعت در دمای 800°C حرارت داده شد و مشاهده شد که چسبندگی مناسب را ندارد. بنابراین نتیجه گرفته شد که باید ورقه α -۴ قبل از چسباندن γ - آلومینا حتماً آنیل گردد و درجه حرارت مناسب برای آنیل کردن نیز 1100°C می‌باشد.

آزمایش ۴: مواد افزودنی جهت افزایش سطح و خلل و فرج با توجه به این که افزایش سطح ویژه روی ورقه بسیار با اهمیت است سعی شد با افزودنی‌های مختلف به این سطح ویژه افزایش یابد که خلاصه‌ای از کارها و نتایج حاصل از آن‌ها در جدول ۶ آورده شده است.

اکسید آلومینیوم نوع γ (γ - آلومینا) که دارای سطح مخصوص بیشتری نسبت به نوع α می‌باشد، استفاده گردید (سطح مخصوص γ - آلومینا $500 \text{ m}^2/\text{gr}$ در مقابل سطح ویژه $2 \text{ m}^2/\text{gr}$ آلومینای آلفا) [۳ و ۴]. اولین مشکلی که در ساخت واش کوت وجود دارد، این است که از چه نوع چسبی استفاده شود. برای مبدل‌های سرامیکی می‌توان به جای چسب از آب هم استفاده کرد چون آب در سرامیک نفوذ می‌کند و به چسب نیازی نمی‌باشد. برای مبدل پایه فلزی چسب اتیل سیلیکات انتخاب شد. چسب اتیل سیلیکات در 400°C تجزیه شده و تنها اکسید سیلیسیم باقی می‌ماند و این اکسید هیچ گونه مزاحمتی برای عمل تبدیل گازهای آلاینده به غیر آلاینده ندارد. مشکل بعدی، تهیه γ - آلومینای مناسب می‌باشد که باید بیشترین مقدار چسبندگی را ایجاد کند. توزیع دانه‌بندی γ - آلومینای مصرفی بسیار با اهمیت می‌باشد که نتایج با روش آزمون و خطا حالت بهینه مش انتخاب شد که در محدوده 400 - 270 بهترین میزان چسبندگی حاصل می‌شود. همچنین برای به دست آوردن نسبت چسب به γ - آلومینا، این نسبت بارها تغییر داده شد و نهایتاً نسبت ۳ به ۲ یعنی سه گرم چسب به دو گرم γ - آلومینا انتخاب شد. روش پوشش دادن به صورت DIP COATING بوده و نمونه باید کاملاً در واش کوت غوطه‌ور باشد [5].

افزودنی‌های واش کوت: جهت روان سازی واش کوت حدود ۲٪ وزنی واش کوت اسیداستیک و نیز به مقدار ۱۵٪ وزن واش کوت نیز کلریدسیریم زیرکونیا به عنوان جاذب اکسیژن (OSC: Oxygen Storage Component) بر سطح کاتالیزور استفاده گردید.

آزمایش ۱: چسباندن Al₂O₃ - γ بر روی نوار α -۴

ابتدا یک نوار از ورقه α -۴ به وزن $1/5973$ گرم بریده شد و با مایع چربی‌گیر خوب شسته شده و به مدت ۱ ساعت در کوره 1100°C قرار داده شد. وزن نوار فوق به $1/611$ گرم افزایش یافت (به دلیل ایجاد لایه اکسید). یعنی در حدود $0/0628$ گرم معادل ۴٪ افزایش وزن در مدت یک ساعت حاصل گردید.

جدول ۶- نتایج افزودن مواد افزودنی

شماره	۷- آلومینا	نوع چسب	مواد افزودنی	نتیجه
۱	۷ گرم	۹ گرم اتیل سیلیکات	اسیداستیک 1cc سریا و زیرکونیا هر کدام ۰/۳ gr نشاسته ۰/۱۵ gr	تخلخل خوبی در سطح مشاهده گردید ولی مانند قبل چسبندگی مطلوب نبود.
۲	۷ گرم	۹ گرم پلی وینیل الکل (PVA)	اسیداستیک 3cc سریا و زیرکونیا هر کدام ۰/۴ gr	نمونه‌ها اصلا چسبندگی خوبی روی سطح نداشتند ولی تخلخل به دست آمده مطلوب بود.
۳	۱۴ گرم	پلی وینیل الکل (PVA) ۴ گرم + اتیل سیلیکات ۲۰ گرم	اسیداستیک + سود + خنثی	در این مخلوط ابتدا در حالت خنثی یک نمونه دیپ گردید سپس در حالت بازی و در نهایت در حالت اسیدی که نمونه اسیدی از همه بهتر بود.
۴	۱۴ گرم	اتیل سیلیکات ۲۰ گرم	اسیداستیک ۲ cc سریا ۰/۳ gr زیرکونیا ۳ gr	توسط پیستوله به سطح ورقه اسپری گردید که چسبندگی و تخلخل خوب بود ولی میزان آلومینای روی سطح کم بود که آن نیز به خاطر کوچک بودن قطر دهانه پیستوله بود.

$$1/6 \times 1/1 = 1/76$$

$$1/6 \times 1/2 = 1/92$$

$$1/76 + 1/92 = 3/68$$

$$3/68 \div 2 = 1/84$$

فلزات گران بهای پلاتین (Pt) ، پالادیوم (Pd) و رودیم (Rh) (کاتالیزور) بر روی واش کوت پوشانیده و به وسیله حرارت فیوز شد. در ساخت مبدل کاتالیزوری برای صدور استاندارد Euro II میزان فلزات گران بها باید ۵۰ gr/ft³ باشد و نسبت فلزات گرانبها Pt:Rh نیز باید ۵:۱ باشد.

برای موتور پژو 206 از نوع PTU5 JP4 که حجم موتور ۱۵۸۷ CC می‌باشد، باید حجم کاتالیست ۱/۱-۱/۲ برابر حجم موتور باشد بنابراین:

$$50 \text{ gr} \quad 28 \text{ lit}$$

$$X \quad 1/84$$

$$3/2 \div 6 = 0/53 \text{ رودیم}$$

$$0/53 \times 5 = 2/65 \text{ پلاتین}$$

(حجم مبدل پژو ۲۰۶)

$$X = 3/2 \text{ میزان فلزات گرانبها}$$

$$5 + 1 = 6$$

و چون پلاتین به صورت هگزاکلروپلاتینیک اسید می باشد که دارای ۰/۳۸٪ پلاتین است، بنابراین:



رنگ از بین رفت، ولی این رنگ سیاه به خاطر تشکیل پلاتین سیاه می باشد که هیچ تاثیر منفی بر کارایی مبدل ندارد [۶]. مبدل های ساخته شده برای جلوگیری از وارد شدن ضربه، داخل یک جلد محافظ استوانه ای که سایز آن (قطر و طول) با سایز مبدل یکسان بود، قرار گرفت و سپس داخل جلد اصلی (heat shield) قرار داده و به اتصالات اگزوز جوش داده شد. آزمایش های عملکردی مبدل کاتالیزوری به صورت زیر صورت گرفت. در زمان نصب مبدل کاتالیزوری کیلومتر شمار خودرو در شماره ۳۳۶ کیلومتر بود که وقتی کیلومتر شمار به عدد ۱۳۴۷ کیلومتر رسید تست آلاینده انجام گرفت که نتایج آن در جدول ۷ آمده است.

برای تهیه محلول فلزات گرانبها ۴ شیشه یک گرمی هگزاکلروپلاتینیک اسید را با ۱/۲ گرم کلرور رودیم در ۳۷ cc آب مقطر ریخته و به هم زده شد، سپس نوارهای ۴-α کوت داده شده با ۷ - آلومینا داخل محلول غوطه ور گردید، سپس بیرون آورده و بمدت نیم ساعت در آن ۱۵۰ °C قرار دادیم تا خشک گردد. سپس به مدت ۹ ساعت در کوره ۶۵۰ °C قرار داده شد. مشکلی که در این بخش پیش آمد سیاه شدن سطح ورقه های ۴-α پس از بیرون آمدن از کوره بود که تلاش هایی برای از بین بردن رنگ سیاه آن صورت گرفت که در نهایت با استفاده از بخار آمونیاک و استفاده از گاز آرگون تا حدودی این

جدول ۷- میزان آلاینده‌گی (۱۳۴۷ = شماره به کیلومتر)

λ	% CO	% CO ₂	% O ₂	HC (ppm)	NO _x (ppm)
۰/۹۹۸	۰/۰۱	۱۶/۴	۰/۰۲	۴۷	۰
۰/۹۹۸	۰/۰۴	۱۶/۷	۰/۰۰	۱۲	۵
۰/۹۹۵	۰/۰۲	۱۶/۸	۰/۰۰	۱۰۸	۴
۰/۹۹۸	۰/۰۱	۱۶/۸	۰/۰۰	۱۰۳	۰

آزمایش تست میزان آلاینده ها در کیلومترهای مختلف و در روزهای مختلف تکرار شد که نتایج آن ها در جدول های ۸ و ۹ آمده است.

جدول ۸- میزان آلاینده‌گی (۲۰۷۴=شماره به کیلومتر)

λ	% CO	% CO ₂	% O ₂	HC (ppm)	NO _x (ppm)
۰/۹۹۵	۰/۰۲	۱۶/۸	۰	۱۰۸	۴
۰/۹۹۸	۰/۰۱	۱۶/۸	۰	۱۰۳	۰

جدول ۹- میزان آلاینده‌گی (۴۵۱۳= شماره به کیلومتر)

λ	% CO	% CO ₂	% O ₂	HC (ppm)	NO _x (ppm)
۰/۹۹۹	۰/۰۴	۱۶/۵	۰/۱	۹۶	۵
۰/۹۹۵	۰/۰۴	۱۶/۵	۰/۰	۱۰۱	۵

۲- نشر NO_x مبدل پایه فلزی ساخته شده برابر g/km ۰/۰۶۹ می‌باشد در حالی که این میزان برای استاندارد Euro4 برابر g/km ۰/۰۸ می‌باشد که مبدل ساخته شده استاندارد Euro4 را در مورد نشر NO_x پاس می‌کند.

۳- در مورد نشر HC+NO_x نیز مبدل ساخته شده استاندارد بالاتر از Euro3 را دارا می‌باشد.

تشکر و قدردانی

به این وسیله از بخش‌های مختلف شرکت ساپکو به خصوص کارگاه CNC و کارگاه تست آلاینده‌گی به دلیل زحمات ایشان در پیشبرد این پروژه قدردانی می‌گردد.

پیشنهادها

با توجه به قیمت بالای مواد کاتالیزوری (فلزات گران بها) همچون پلاتین و رودیوم و در نتیجه افزایش قیمت تمام شده مبدل، پیشنهاد می‌شود از مواد دارای خاصیت کاتالیزوری با قیمت پایین‌تر که بتوان جایگزین فلزات گران بها نمود استفاده شود.

میزان مصرف بنزین نیز در طی مسافت‌های مختلف اندازه‌گیری شد. در مسافت ۱۰۳۸ کیلومتر ۶۹ لیتر بنزین مصرف گردید یعنی به ازای هر صد کیلومتر ۶/۶۴ لیتر بنزین مصرف شده است که نشان می‌دهد نصب مبدل کاتالیزوری تاثیر زیادی بر روی میزان مصرف بنزین ندارد. که در نمونه مشابه دیگری در طی مسافت ۱۲۵۴ کیلومتر میزان ۶۵ لیتر بنزین مصرف شده است. یعنی به ازای هر ۱۰۰ کیلومتر ۵/۲ لیتر بنزین مصرف شده است.

نتیجه گیری

در این پژوهش مبدل کاتالیزوری پایه فلزی ساخته و به روش استاندارد آزمایش شد. نتایج تست‌های به عمل آمده نشان می‌دهد که نمونه‌های مبدل کاتالیستی ساخته شده استاندارد جهانی Euro3 را دارا بوده و در رقابت با استاندارد Euro4 قرار دارد به طوری که :

۱- نشر CO مربوط به نمونه مبدل پایه فلزی ساخته شده برابر g/km ۱/۲۸ می‌باشد و این در حالی است که این میزان برای استاندارد Euro4 حدود g/km ۱ و برای استاندارد Euro3 حدود g/km ۲/۳ می‌باشد پس از لحاظ نشر CO، استاندارد Euro3 را دارا می‌باشد.

منابع

۱. غیاث الدین، منصور، آلودگی هوا. ترجمه تالیف هنری پر کینز، انتشارات دانشگاه تهران، چاپ چهارم، ۱۳۸۰.
۲. Papers Presented at the International Conference on Metal Supported Automotive Convertors. October 27-28, 1997, Wuppertal, Germany = (MACC 97).
۳. Bode H, Developmental status of materials for metal Supported automotive Catalysts. Bergische Universitaet Gesamthachschule Wuppertal (Germany), Jul 1999, vol.1, 339 – 346.
۴. Gobel M, Schmelpfennig J, Glazkov A, Borchard G, Growth of -alumina Scales on Fe-Cr-Al alloys, Institut Fur Allgemeine Metallurgie, Technische Universitat Clausthal, 1999-06.
۵. Alumina Carrier for automotive pollution control Catalysis and automotive pollution control, 1987, Aamsterdam 275-300
۶. قربانی، محمد، پوشش دادن فلزات (جلداول). موسسه انتشارات علمی دانشگاه صنعتی، ۱۳۸۰.
7. Sukonnik I.M, Chang S, Jha B, A New Material for Catalytic Converter Substrates. Texas Instruments, Attleboro (USA), may 1999.
8. Yamanuka M, Hot-Corrosion Resistance of Fe-Cr-Al Substrate to Alkali Metals for NOx Adsorption. Nippon Steel Technoresearch, Futtsu, Chiba, Y. Okazaki, Nippon Steel. Toukai, Aichi (JAPAN), 1997.
9. The control of pore size in alumina catalyst support. Applied catalysis. 1986, vol. 21, no2, pp. 215-238 (47 ref).
10. Taniguchi S, Shibata T, Phase Transformation of Alumina Scales Formed on Al- deposit Stainless Steel Foils. Osaka University, Osaka (Japan), Nisshin Steel Co. Osaka (Japan), 1997, vol. 83, no3, pp. 205-210 (22 ref.).