

کاهش آلودگی زیست محیطی با احیای کاتالیست خودرو به روش هیدروژناسیون ملایم

حسین فرهنگیان

پژوهشگاه شیمی و مهندسی شیمی ایران

چکیده

یکی از مشکلات بزرگی که انسان امروز با آن رو به روست آلودگی هواست. مسئله‌ای که با رشد صنعت و اختراعات پیشرفته و پیچیده انسان روز به روز جدی تر شده است. مشکلی که باعث اختلال در کیفیت زندگی جانداران و محیط زیست شده و آسیب‌های زیادی را به آنها وارد می‌کند و کره‌ی زمین را به شدت تحت تاثیر خود قرار داده است. یکی از روش‌های کاهش آلودگی خودروها استفاده از کاتالیست می‌باشد. کاتالیست قطعه‌ای بسیار مهم و اساسی در خودروها می‌باشد که نقش تعیین کننده‌ای در تبدیل گازهای مضر به گازهای سازگار با محیط زیست دارد. این قطعه در مسیر گازهای خروجی از موتور قرار گرفته و عملکرد آن بوسیله یک یا چند حسگر متناسب با کیفیت خودرو و استانداردهای خواسته شده کنترل می‌شود. عناصر اصلی که نقش کاتالیستی یا تبدیلی را انجام می‌دهند فلزهای گران بهایی مانند پلاتین، پالادیوم و رودیم هستند. تعویض این قطعه در کشورهای اروپایی به رایگان انجام می‌شود و کاتالیست فرسوده توسط روش‌های متعددی بازیافت می‌شود و اصولاً احیا و مصرف مجدد این کاتالیست‌های فرسوده در این کشورها صورت نمی‌پذیرد. اما در ایران به دلیل هزینه بالای تعویض این قطعه احیای کاتالیست و استفاده مجدد از آن مقرون به صرفه می‌باشد.

واژه‌های کلیدی: آلودگی هوا، محیط زیست، کاتالیست خودرو، فلزات گران بها

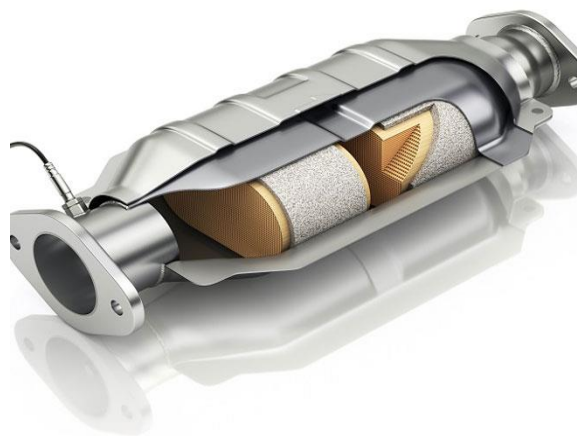
مقدمه

یکی از مشکلات بزرگی که انسان امروز با آن رو به روست آلودگی هواست. مسئله‌ای که با رشد صنعت و اختراعات پیشرفته و پیچیده انسان روز به روز جدی‌تر شده است. مشکلی که باعث اختلال در کیفیت زندگی جانداران و محیط زیست شده و آسیب‌های زیادی را به آنها وارد می‌کند و کره‌ی زمین را به شدت تحت تاثیر خود قرار داده است. آلودگی هوا فقط ویرانی محیط زیست را به همراه ندارد. انسان و محیط زیست کاملاً به هم وابسته‌اند و کوچکترین ضرری به زیستگاه ما، یعنی در خطر بودن زندگی انسان. تاثیرات آبی آلودگی هوا بخشی از این اتفاق ناخوشایند هستند. مشکلاتی مثل سوزش چشم‌ها، سرفه و مشکلات تنفسی حاد که خیلی شایع و عمومی هستند. حدود ۹۲ درصد از جمعیت جهان در مناطق خطرناک با آلودگی هوای زیاد زندگی می‌کنند و حتی در مناطق با آلودگی هوای غیر محسوس هم، خطر مرگ و میر ناشی از بیماری‌های قلبی و عروقی وجود دارد. آلاینده‌ها می‌توانند با سخت کردن شریان‌ها و افزایش خطر حمله قلبی و سکته، سلامت قلبی و عروقی را تحت تاثیر قرار دهند. این معضل تقریباً به اندازه تنباکو کشنده است. آلودگی هوا آنقدر جدی است که ممکن است حتی قبل از کشیدن اولین نفس در هوای آلوده، به شما آسیب برساند. قرار گرفتن در معرض آلودگی هوای زیاد در دوران بارداری با سقط‌جنین و همچنین تولد زودرس، اختلال طیفی اوتیسم و آسم در کودکان ارتباط دارد. آلودگی هوا ممکن است به رشد مغز کودکان آسیب بزند و ذات‌الریه، که سالانه تقریباً ۱ میلیون کودک زیر ۵ سال را می‌کشد، مرتبط با آلودگی هوا است. کودکانی که در معرض آلاینده‌ها نفس می‌کشند، در خطر بیشتری برای جذب عفونت‌های تنفسی کوتاه‌مدت و آسیب ریه قرار دارند. شواهدی وجود دارد که نشان می‌دهد آلودگی هوا ممکن است با بیماری‌های روانی و بیماری‌های مزمن مغز مانند بیماری آلزایمر، بیماری پارکینسون و شی‌زوفرنی مرتبط باشد.

همچنین آلاینده‌ها می‌توانند به طور مستقیم روی ریه‌ها و دیگر اندام‌های دستگاه تنفسی اثر گذاشته و در نتیجه احتمال ابتلا به سرطان را افزایش دهند. خیلی از آلاینده‌های شیمیایی به طور مستقیم بر روی پوست افراد تاثیر می‌گذارند. و می‌توان ادعا کرد که یکی از بدترین آسیب‌های آلودگی هوا، سرطان پوست است [1].

از نظر سازمان حفاظت محیط زیست جمهوری اسلامی ایران آلودگی هوا عبارت است از وجود و پخش یک یا چند آلوده‌کننده اعم از جامد، مایع، گاز، تشعشع پرتوزا و غیرپرتوزا در هوای آزاد به مقدار و مدتی که کیفیت آن را بطوری که زیان‌آور برای انسان و سایر موجودات زنده و یا گیاهان و یا آثار و ابنیه باشد تغییر دهد [2].

کاتالیست خودرو و نقش آن در کاهش آلودگی هوا



به طور کلی می‌توان عنوان نمود تمام خودروهای جهان به نوعی منبعی برای آلودگی و افزایش آلاینده‌گی در محیط زیست می‌باشد. معمولاً سازمان محیط زیست هر کشوری قوانین و آیین‌نامه‌هایی را تدوین و صادر می‌کنند که می‌تواند تا حدودی مشکلات مرتبط با آلاینده‌گی‌های خودروها را برطرف کند تا شاخص آلاینده‌گی هوا کاهش یابد. در این قوانین وضع شده مقدار آلاینده‌گی مجاز برای هر خودرو تعریف شده است و طبق قانون خودروهایی که این شرایط را نداشته باشند مجاز به پلاک گذاری نمی‌باشند [3].

گران بهایی مانند پلاتین، پالادیوم و رودیم هستند، انتخاب می شود.

گفتنی است در عین حال که این قطعه از خودرو منجر به تبدیل گازهای سمی به گازهای بی ضرر می شود، در طول این واکنش ها برخی از محصولات سمی به مقدار کم تولید می شوند. این گاز های سمی عبارتند از: سولفید هیدروژن و آمونیاک. این واکنش های شیمیایی معمولا به طور ناخواسته به وجود می آیند.

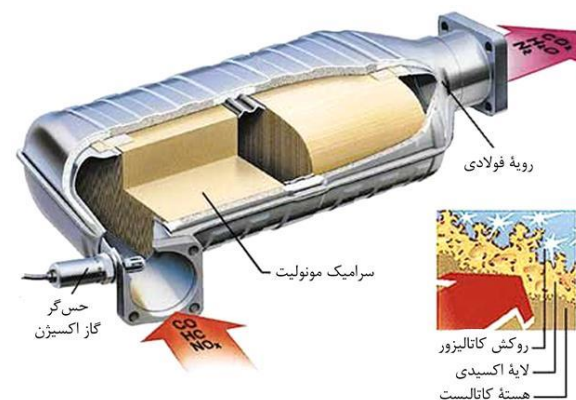
این واکنش های ناخواسته مبتنی بر واکنش های سه مرحله ای به وجود می آیند. با اینکه حذف چنین واکنش هایی امکان پذیر نیست ولی با ایجاد یک سری از تغییرات در جنس ماده کاتالیست و یا لایه اکسیدی می توان تا حد زیادی از بروز دادن چنین واکنشهایی جلوگیری نمود.

به عنوان مثال برای جلوگیری از تولید سولفید هیدروژن، می توان نیکل یا منگنز را به لایه اکسید فلزی اضافه نمود. دلیل آن هم حساسیت این فلزات نسبت به جذب گوگرد می باشد و مانع از جذب نمودن آب توسط لایه اکسیدی می شوند. به عبارت بهتر، سولفید های هیدروژن وقتی به وجود می آیند که گوگرد در دمای پایین به وسیله لایه اکسیدی جذب شده باشد. پس از اینکه گوگرد در دمای پایین جذب شد، در مرحله بعدی در دمای بالا آزاد می شود و بعد از ترکیب شدن با هیدروژن، گاز سولفید هیدروژن تشکیل خواهد شد [5]. به طور کلی در هر کاتالیست این ۵ فرایند صورت می گیرد:

- اکسیداسیون مونواکسید کربن به دی اکسید کربن
- اکسیداسیون هیدروکربن های حاصل از احتراق ناقص به آب و دی اکسید کربن
- کاهش اکسیدهای نیتروژن به اکسیژن و نیتروژن
- تبدیل بخارات ناشی از احتراق به منوکسید کربن و هیدروژن
- تبدیل منوکسید کربن و آب به دی اکسید کربن و هیدروژن

یکی از روش های کاهش الاینده های خودرو ها استفاده از کاتالیست می باشد. کاتالیست قطعه ای بسیار مهم و اساسی در خودروها می باشد که نقش تعیین کننده ای در تبدیل گازهای مضر به گازهای سازگار با محیط زیست دارد. این قطعه در مسیر گازهای خروجی از موتور قرار گرفته و عملکرد آن بوسیله یک یا چند حسگر متناسب با کیفیت خودرو و استانداردهای خواسته شده کنترل می شود. عناصر اصلی که نقش کاتالیستی یا تبدیلی را انجام می دهند فلزهای گران بهایی مانند پلاتین، پالادیوم و رودیم هستند [4].

بخش های تشکیل دهنده کاتالیست خودرو



کاتالیست خودرو از سه بخش مهم تشکیل شده اند. هسته کاتالیست، لایه اکسیدی و ماده کاتالیست سه قسمت مهم تشکیل دهنده این کاتالیست ها می باشند:

هسته کاتالیست: در مبدل هایی که ویژه خودروها هستند، از برخی بستر های سرامیکی مونولیتی با ساختار لانه زنبوری استفاده می شود.

لایه اکسیدی: در حقیقت این لایه نگه دارنده ماده کاتالیست است که افزایش دهنده سطح مخصوص کاتالیست می باشد. این لایه معمولا از جنس اکسید آلومینیوم، دی اکسید تیتانیوم، دی اکسید سیلیکون یا ترکیبی از سیلیکا و آلومینا انتخاب می شود.

ماده کاتالیست: هر مبدل کاتالیستی دارای یک ماده اصلی است که ماده کاتالیست نام دارد و به طور معمول جزو فلزهای

تاریخچه ی کاتالیست خودرو

در سال ۱۹۷۰ میلادی، مرکز حفاظت از محیط زیست آمریکا یا همان EPA قانونی را تصویب کرد که طبق این قانون تمام خودرو های مجهز به موتور محرک، موظف به استفاده از کاتالیست در اگروز خود شده اند و هیچ کدام از شرکت های سازنده ی این گونه خودرو ها نباید از این موضوع به راحتی بگذرند و این قانون را زیر پا بگذارند. اکنون بیش از ۵۱ سال از آن تاریخ می گذرد و هنوز که هنوز است این قانون پابرجا است و کسانی که آن را زیر پا می گذارند مجبور به پرداخت جریمه می شوند.

در سال ۱۳۸۱ قانون استفاده از کاتالیست در خودرو های داخلی تصویب شد و از سال ۱۳۸۳ به بعد این قانون اجرا شد و تمام شرکت های خودرو سازی کشور موظف به استفاده از کاتالیست در اگروز خودرو های داخلی شدند. در ابتدا با استفاده از استاندارد های یورو ۲ این قانون عملی شد اما سال ۱۳۹۳ خودروسازان داخلی موظف به استفاده از استاندارد های یورو ۴ شدند [6].

عمر کاتالیست خودرو

کاتالیست خودرو هم مانند تمام وسایل دیگر عمر مفید خود را دارد و از یک زمان مشخص به بعد دیگر آن کارایی مورد نیاز و مورد انتظار را ندارد. کاتالیست خودرو را حداقل بعد از گذشت ۸۰ هزار کیلومتر و حداکثر بعد از ۱۰۰ هزار کیلومتر باید تعویض کرد. زیرا بعد از گذشت این زمان وظیفه خود را که همان تبدیل گاز های پر خطر به گاز های کم خطر است را از دست می دهد و حتی در معاینه فنی مردود می شود. البته یک معیار دیگر هم برای تعویض کاتالیست خودرو وجود دارد؛ ممکن است مدت زیادی از یک خودرو استفاده کنید اما مسافت زیادی را با آن طی نکرده باشید. در این صورت هم کاتالیست شما بعد از گذشت یک زمان محدود دچار مشکل می شود. طبق گفته ی متخصصان، اگر کاتالیست یک خودرو بعد از گذشت ۴ سال تعویض نگردد، عمر مفید خود را به

اتمام رسانده و دیگر آن کارایی سابق را نخواهد داشت و باید تعویض گردد [7].

نشانه های خرابی کاتالیست خودرو

- در تست هایی که هنگام معاینه فنی انجام می شود، مقادیر کربن مونوکسید، کربن دی اکسید و دیگر مواد شیمیایی نباید از معیار هایی که کارشناسان تعیین کرده اند عبور کند. در صورت تجاوز مقدار این مواد شیمیایی، تست معاینه فنی خودرو به دلیل خرابی کاتالیست رد می شود و حتما مالک خودرو باید نسبت به تعویض کاتالیست خودرو اقدام کند زیرا برگه یا برچسب معاینه فنی به آن خودرو تعلق نمی گیرد.

- بعد از خراب شدن کاتالیست، خودروی شما به طور نرمال کار نمی کند و هنگام رانندگی با آن در دور آرام، احساس لرزش در موتور خودرو می کنید در این حالت شتاب خودرو نیز به طور محسوسی کاهش می یابد.

- یکی از شرایطی که کاتالیست خودرو برای افزایش کارایی به آن نیاز دارد دمای نزدیک به ۹۰۰ درجه ی سانتی گراد است. چنان که بعد از گرم شدن خودرو دمای کاتالیزور یا همان کاتالیست به حد نصاب خود که حدودا ۹۰۰ درجه سانتی گراد است نرسید، حتما کاتالیست خودرو معیوب است و باید تعویض شود. این روش توسط دماسنج مادون قرمز و با کمک کارشناس خودرو انجام می شود.

- یکی دیگر از علائم شایع خرابی کاتالیست بوی بد آن است. اگر در کابین خودروی خود بوی بدی شبیه به تخم مرغ گندیده احساس کردید و این بو به مرور زمان تشدید پیدا کرد، به احتمال بسیار زیاد کاتالیست خودروی شما خراب شده است و باید برای اطمینان از این موضوع به یک مکانیک مراجعه کنید.

- اگر با تکان دادن کاتالیست خودرو صدا هایی به گوش شما خورد و حس کردید سنگ ریزه در کاتالیست وجود

داد. برای مثال زمانی که واشر سرسیلندر خودرو دچار مشکل و ترکیب روغن و آب وارد سیلندر شود، به‌ناچار گازهای خروجی هم به مواد یادشده آغشته شده و به کاتالیست آسیب می‌زند. خرابی سیستم جرقه‌زنی موتور از دیگر عوامل خرابی پیش از موعد کاتالیست است چرا که در صورت احتراق نامناسب، مخلوط هوا و بنزین به‌صورت ناقص می‌سوزد و گازهای حاصل از این احتراق ناقص باعث آسیب رساندن به کاتالیست خواهد شد. به‌دلیل وجود سرب در بنزین‌های نامرغوب و همچنین مکمل‌های انژکتور شور در باک یا اکتان بوسترها، استفاده از موارد فوق به کاتالیست آسیب می‌زند [9].

هزینه تعویض کاتالیست خودرو

در خارج از کشور که محیط زیست و آلودگی هوا بسیار پر اهمیت است، تعویض کاتالیست به رایگان انجام می‌شود. زیرا محیط زیست و پاک بودن هوا، یکی از مهم‌ترین موضوعات زندگی آن‌ها است. اما در کشور ما ایران که محیط زیست و تمیزی هوا یک نیاز و مسئله فرعی در زندگی روزمره است این تعویض رایگان انجام نمی‌شود. در حال حاضر تعویض کاتالیست خودرو بسته به نوع خودرو هزینه‌ای به اندازه ۵ تا ۲۵ میلیون تومان خواهد داشت.

مایع شوینده یا تمیز کننده کاتالیست

یکی از سریع‌ترین روش‌هایی که در حال حاضر برای احیای کاتالیست انجام می‌شود افزودن محلول شستشوی کاتالیست و سنسور اکسیژن به یک باک بنزین و پس از آن رانندگی با خودرو است. یکی از معتبرترین برندهای اروپایی در این زمینه شرکت گات آلمان می‌باشد که از تمامی خودروسازهای بزرگ اروپایی تاییدیه‌های لازم برای فروش مکمل‌های روغن، سوخت، اکتان بوستر و انواع مکمل روغن را دارد، همچنین از استاندارد TUV اتحادیه اروپا نیز پیروی می‌کند. این محلول باعث زدودن دوده ناشی از احتراق ناقص خودرو می‌شود و به دلیل آزاد شدن و در دسترس قرار گرفتن شبکه لانه

دارد، بدانید شبکه‌های درون آن ریخته‌اند و عمر مفید آن تمام شده است.

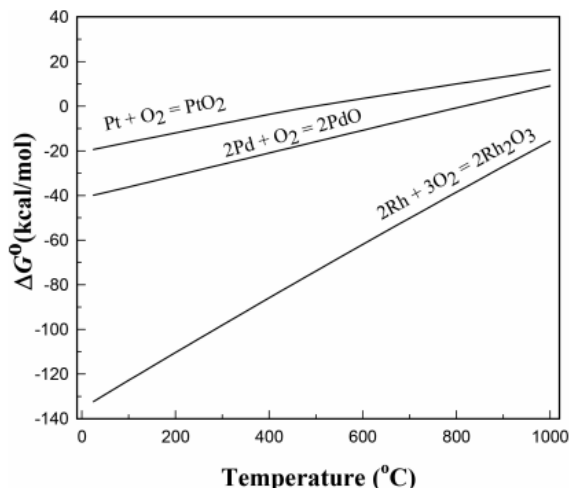
- روشن شدن چراغ اخطار یا به اصطلاح همان چراغ چک در پشت آمپر ماشین نیز یکی دیگر از نشانه‌های خرابی کاتالیست خودرو است.
- خراب شدن کاتالیست خودرو می‌تواند نشانه‌های دیگری هم همچون افزایش مصرف سوخت داشته باشد. پس اگر احساس کردید خودروی شما به طور ناگهانی دچار افزایش مصرف سوخت شده است بهتر است این موضوع را نیز مورد توجه قرار دهید [8].

عوامل مخرب و تأثیرگذار بر کاهش طول عمر کاتالیست

کاتالیست به‌دلیل ساختار خود حساس و شکننده است از این‌رو می‌تواند در صورت رعایت نکردن برخی نکات به سرعت آسیب ببیند. رایج‌ترین علل خرابی کاتالیست به گرفتگی منافذ اسفنجی آن باز خواهد گشت چرا که در صورت گرفتگی باعث می‌شود دود خروجی از سیلندر به‌راحتی از کاتالیست عبور نکند و این فشار بیش از حد موجب تخریب این قطعه خواهد شد.

یکی دیگر از دلایل خرابی، به ضربه‌های فیزیکی به این قطعه باز خواهد گشت. همان‌طور که اشاره شد ساختار کاتالیست بسیار شکننده است و در صورت ضربه وارد شدن به محفظه خارجی آن باعث می‌شود کاتالیست خرد گردد. کاتالیست همچنین به دمای زیاد بسیار حساس است به‌طوری‌که اگر دمای این قطعه به بیش از حد مجاز برسد باعث خرابی و از دست دادن خاصیتش خواهد شد. این مشکل زمانی ایجاد می‌شود که دمای موتور به دلایل مختلف بیش از حد افزایش یابد.

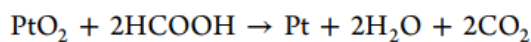
میزان خلوص گازهای خروجی از سیلندر برای سلامت کاتالیست بسیار مهم است چراکه اگر گازهای خروجی به مواد دیگری آغشته باشد به مرور زمان اثر خود را از دست خواهد



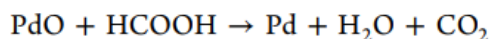
همانطور که مشاهده می کنید در اثر عبور دود ناشی از احتراق فلزات گروه پلاتین به اکسید فلزی تبدیل شده و کارایی خود را از دست می دهند و برای احیای مجدد کاتالیست باید بتوان آنها را مجدد از حالت اکسید خارج کرد تا سطح آنها مجدد فعال و قابل استفاده شود. یکی از این روش ها استفاده از گاز هیدروژن می باشد که به دلیل نیاز به فشار و دمای بالا برای این فرایند دارای خطرات خاص خود می باشد و از طرف دیگر به دلیل ساختار شکننده کاتالیست نمی تواند مورد استفاده قرار بگیرد. و برای این منظور می توان از خاصیت زیست تخریب پذیر اسید فرمیک برای هیدروژناسیون ملایم استفاده کرد. که در این مقاله به آن می پردازیم.

احیای کاتالیست خودرو با هیدروژناسیون ملایم

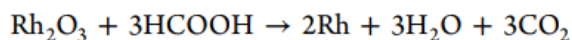
در این مقاله برای تبدیل اکسیدهای فلزات گروه پلاتین از اسید فرمیک به عنوان عامل هیدروژناسیون ملایم در کنار اکسیدهای فلزات گروه پلاتین استفاده شده است. واکنش های زیر در طی این کاهش صورت می گیرد:



$$\Delta G_{298\text{K}}^\circ = -110.7\text{kcal/mol}$$



$$\Delta G_{298\text{K}}^\circ = -45.1\text{kcal/mol}$$



$$\Delta G_{298\text{K}}^\circ = -129.0\text{kcal/mol}$$

زنبری کاتالیست می تواند به طور موقت مشکل را برطرف کند [10].

احیای کاتالیست خودرو

همانطور که پیشتر گفته شد تعویض این قطعه در کشورهای اروپایی به رایگان انجام می شود و کاتالیست فرسوده توسط روش های متعددی بازیافت می شود و اصولا احیا و مصرف مجدد این کاتالیست های فرسوده در این کشورها صورت نمی پذیرد. اما در ایران به دلیل هزینه بالای تعویض این قطعه احیای کاتالیست و استفاده مجدد از آن مقرون به صرفه می باشد.



احیای کاتالیست خودرو به وسیله هیدروژناسیون

در یک کاتالیست، فلزات گروه پلاتین در یک پوشش آلومینای بسیار متخلخل روی سطح کوردیریت قرار دارند. اگرچه آنها در برابر اکسیداسیون در هوا مقاوم هستند، اما توانایی قابل توجهی در جذب O₂ گازی روی سطوح خود دارند و در شرایط بحرانی، می توان آنها را اکسید کرد [11]. استاندارد تغییر انرژی آزاد گیبس در مقابل دما نشان می دهد که اکسیداسیون خود به خودی پلاتین، پالادیوم و رودیوم در دماهای مختلف رخ می دهد.

بخش تجربی

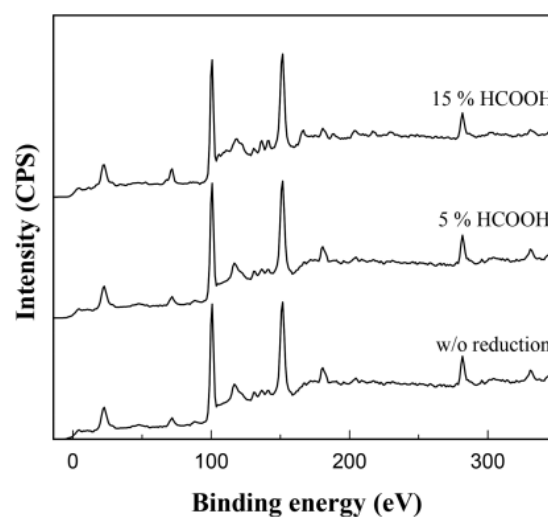
مواد و تجهیزات

مواد مورد استفاده در این کار شامل: کاتالیست فرسوده خودرو پژو ۲۰۶، اسید فرمیک صنعتی ۸۵ درصد، آب مقطر، و برای اندازه گیری مقدار اثر اسید فرمیک از دستگاه XPS استفاده شده است. دستگاه مورد استفاده SPECS مدل UHV analysis system ساخت کشور آلمان می باشد

روش کار

محلول با درصد حجمی متفاوت اسید فرمیک

در این روش پودر کاتالیست با محلول ۵ و ۱۵ درصد حجمی اسید فرمیک و بدون اسید فرمیک در دمای ۶۰ درجه سانتیگراد برای مدت یک ساعت قرار داده شد و سپس این پودر توسط دستگاه XPS طیف گیری شد.



همانطور که مشاهده می شود با افزایش غلظت اسید فرمیک میزان شدت افزایش داشته است پیک ناحیه 71.6eV مربوط به پلاتین، پیک ناحیه 306.7eV مربوط به رودیم و پیک ناحیه 339.7eV مربوط به پالادیوم می باشد. دماهای بیشتر از ۸۰ درجه سانتیگراد باعث تجزیه اسید فرمیک می شود.

نتیجه گیری

در این روش نشان داده شد که می توان از اسید فرمیک در غلظت کم به عنوان یک احیا کننده ملایم استفاده نمود.

منابع و مراجع

1. [اثرات-آلودگی-هوا-
/محیط-زیست](https://www.nojaan.com/-/اثرات-آلودگی-هوا/)
2. [تعریف-آلودگی-هوا-
/محیط-زیست](https://ier.tums.ac.ir/هوا-تعریف-آلودگی-هوا/)
3. [https://doi.org/10.1016/S0926-860X\(01\)00818-3](https://doi.org/10.1016/S0926-860X(01)00818-3)
4. [https://doi.org/10.1016/S0920-5861\(02\)00384-X](https://doi.org/10.1016/S0920-5861(02)00384-X)
5. <https://doi.org/10.1021/es000146y>
6. [https://human.doe.ir/home/default.aspx?
categoryid=bd1ddf16-fdb3-4828-a000-48be05a7386b](https://human.doe.ir/home/default.aspx?categoryid=bd1ddf16-fdb3-4828-a000-48be05a7386b)
7. [https://doi.org/10.1016/S0926-3373\(96\)00067-7](https://doi.org/10.1016/S0926-3373(96)00067-7)
8. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2019.11.3477>
9. <https://digiato.com/article/2019/11/13/عل-ایم-و-عوامل-خرابی-کاتالیزور-خودرو>
10. [https://www.amazon.com/OXICAT-
Oxygen-Catalytic-Converter-
Cleaner/dp/B01LFXTAE2](https://www.amazon.com/OXICAT-Oxygen-Catalytic-Converter-Cleaner/dp/B01LFXTAE2)
11. <http://dx.doi.org/10.4236/ns.2009.13021>