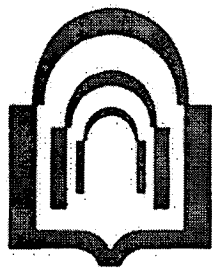


۱۵۳۱۸ - ۲.۲.۷۵۶

وزارت علوم، تحقیقات و فناوری



دانشگاه علوم پایه دامغان

دانشکده شیمی

پایان نامه کارشناسی ارشد شیمی (گرایش معدنی)

مطالعه نانوپروسکایت‌های ( $\text{LaCoCe}_x\text{O}_{3}$  ( $x = 0/0, 0/1, 0/2, 0/3, 0/4, 0/5$ ))

به عنوان کاتالیست اکسایش کامل منواکسید کربن و هیدروکربن‌ها

توسط:

فهیمة کریمی

استاد راهنما:

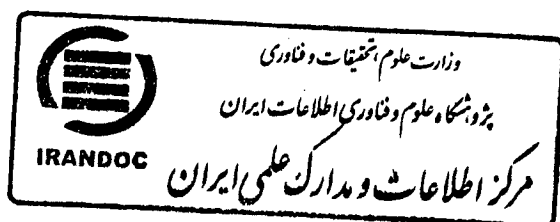
دکتر عظیم ملک‌زاده

اساتید مشاور:

دکتر یدالله مرتضوی

دکتر عباسعلی خدادادی

شهریورماه ۱۳۸۹



۱۵۳۵۱۸

۱۳۸۹/۱۲/۱۶

به نام خدا

مطالعه نانوپروسکایت‌های ( $\text{LaCoCe}_x\text{O}_{3-x}$ ) ( $x = 0/0.0/1.0/2.0/3.0/4.0/5$ ) به عنوان کاتالیست  
اکسایش کامل منواکسید کربن و هیدروکربن‌ها

به وسیله‌ی:  
فهیمة کریمی

پایان نامه

ارائه شده به تحصیلات تکمیلی دانشگاه به‌عنوان بخشی  
از فعالیت‌های لازم برای اخذ درجه کارشناسی ارشد

در رشته‌ی:

شیمی (گرایش معدنی)

از دانشگاه دامغان

ارزیابی و تایید شده توسط کمیته داوران با درجه: عالی

دکتر عظیم ملک‌زاده، استادیار دانشکده شیمی دانشگاه دامغان (استاد راهنما)  
دکتر یدالله مرتضوی، استاد دانشکده مهندسی شیمی دانشگاه تهران (استاد مشاور)  
دکتر عباسعلی خدادادی، استاد دانشکده مهندسی شیمی دانشگاه تهران (استاد مشاور)  
دکتر سید جواد معافی، استادیار دانشکده شیمی دانشگاه دامغان (استاد کاور)  
دکتر غلامحسین گریوانی، استادیار دانشکده شیمی دانشگاه دامغان (استاد داور)  
دکتر سید ناصر هاشمی، استادیار دانشکده علوم زمین دانشگاه دامغان (نماینده تحصیلات تکمیلی)

۱۳۸۹ / ۱۲ / ۱۶

شهریورماه ۱۳۸۹

منت خدای را عزوجل، که طاعتش موجب قربت است و به شکر اندرش فرزند نعمت.

هر نفسی که فرومی رود مدحیات است و چون برمی آید مفرح ذات.

پس در هر نفسی دو نعمت موجود است و بر هر نعمتی شکر واجب.

خدایا

روزی از روزها

شب‌های از شب‌ها

خواهم افتاد و خواهم مرد

انامی خواهم هر چه بیشتر بروم

تا هر چه دورتر بیستم،

تا هر چه دیرتر بیستم،

هر چه دیرتر و دورتر بمیرم،

نمی‌خواهم حتی یک‌کام یا یک‌نقطه، پیش از آنکه می‌توانستم بروم و بانم افتاده باشم و جان داده باشم.

دکتر علی شیرینی

تقدیم بہ مہربانترینم

مادرم

تختین سازندہی العادروحم،

بہ شوق ہمیشگیم

پدرم

او کہ راز اندیشیدن را بہ کام ریخت

و بہ دو برادر عزیزم.

بامشکر فراوان از استاد مهربانم جناب آقای دکتر ملک زاده

او که فن انسان بودن را به من آموخت.

همچنین از اساتید بزرگوارم جناب آقای دکتر یدالله مرتضوی و عباسعلی خدا دادی

همراهم بی ادعای مسیری انتهایی علم.

مشکر ویژه از همراگان، همیشگی ام در این مسیر

دوستان عزیزم

که طعم استواری دل را بی درنگ به من چشاندند:

سارافرنایان مقدم، زکس قدکساز، سارا توکل، مریم آحسینی، ناهید بخشی، خدیجه یوسفی، سانه حاجی پور، باجریمی نژاد،  
الناز پور کاظمی، بهار محرابی، مونا اشرف، مهدیه نفر، الهام چاقری، معطره کلاکر، مریم ژاله چین، فاطمه امینی، سارا استینی،  
زینب قلی پور، مصومه بزرگر، اکرم آخرتی، مریم حسنی، مهری طبیبیان، زهرا جدی، زهره علیپور، پروانه اسماعیل نژاد،  
پیام ردایی، احسان فروزنده مهر، علی اکبر فرشادی، محسن صداقت دوست، کمال کر، پوریا داسما، بهام زرینی، کامیار  
ریاضتی، علی مرتاض، سروش عبدی، فراد صالح آقاخانی و حسام ضیایی.



## چکیده

مطالعه نانوپروسکایت‌های ( $\text{LaCoCe}_x\text{O}_{3+\delta}$  ( $x = 0/0, 0/1, 0/2, 0/3, 0/4, 0/5$ ) به عنوان کاتالیست

اکسایش کامل منواکسید کربن و هیدروکربن‌ها

به وسیله‌ی:

فهیمة کریمی

در این تحقیق، تاثیر نانو سریای اضافه شده بر ساختار و فعالیت نانوپروسکایت  $\text{LaCoO}_3$ ، تهیه شده به صورت  $\text{LaCoCe}_x\text{O}_{(3+\delta)}$  که در آن  $x$  مقادیر  $0/0, 0/1, 0/2, 0/3, 0/4$  و  $0/5$  است، به عنوان کاتالیزور مبدل برای تبدیل آلاینده‌های خروجی از آگزوز خودروها به ترکیبات بی ضرر دی‌اکسیدکربن و آب بررسی شد. این کاتالیزورها به روش سیترات تهیه شدند. به طور خلاصه ابتدا محلولی از مقادیر مولی مناسب از نیترات‌های فلزی و اسید سیتریک، برابر با کل مول‌های یون نیترات، به مدت ۱۲ ساعت در  $80^\circ\text{C}$  خشک شد. نمونه پودر و سپس به مدت ۱۲ ساعت دیگر در  $150^\circ\text{C}$  و سپس در  $200^\circ\text{C}$  قرار داده شد. محصول بدست آمده ابتدا به مدت ۸ ساعت در دمای  $600^\circ\text{C}$  و در نهایت به مدت ۵ ساعت در دمای  $700^\circ\text{C}$  کلسینه شد. ساختار پروسکایت کاتالیزورهای تهیه شده با آنالیزهای XRD و اسپکتروسکوپی FT-IR تأیید شد. عمل کرد نانو کاتالیزورهای تهیه شده در راکتوری لوله‌ای از جنس کوارتز، قرار داده شده در مرکز کوره‌ای الکتریکی، برای اکسایش مخلوط گازی مدل تهیه شده، شامل  $6\% \text{CO} + 2\% \text{C}_2\text{H}_6$  در آرگون، مخلوط شده با هوا به نسبت استوکیومتری یا اضافی بررسی شد. بهترین عمل کرد دماهای اکسایش کامل  $\text{CO}$  و  $\text{C}_2\text{H}_6$ ، برای کاتالیزور غیراستوکیومتری  $\text{LaCoCe}_{0.2}\text{O}_{(3+\delta)}$  مشاهده شد. خواص اکساکاهشی نانو کاتالیزورهای تهیه شده توسط آنالیز کاهش برنامه ریزی شده‌ی دمایی مطالعه شد. آنالیز TPR نشان داد که افزایش جزئی سریا به کاتالیزور  $\text{LaCoO}_3$  کاهش  $\text{Co}$  ساختار پروسکایت را تسهیل می‌کند. آنالیز SEM نشان داد که افزایش سریا اندازه‌ی بلورها را کاهش و در نتیجه باعث افزایش سطح مخصوص کاتالیست می‌گردد.

**کلمات کلیدی:** نانوپروسکایت، اکسایش منواکسید کربن،  $\text{LaCoO}_3$ ، اکسایش اتان، نانو سریا، گاز آگزوز،  $\text{LaCoCe}_x\text{O}_{(3+\delta)}$

## فهرست مطالب

صفحه	عنوان
۱	فصل اول: مقدمه.....
۵	فصل دوم: مبدل کاتالیزوری.....
۶	۱-۲- مقدمه.....
۹	۲-۲- تاریخچه و سیر تکامل مبدل‌های کاتالیستی در سطح جهان.....
۱۱	۱-۲-۲ مبدل‌های کاتالیستی سه‌منظوره یا TWC (Three-Way Catalyst).....
۱۴	۲-۲-۲ مبدل‌های کاتالیستی چهارمنظوره (Four-Way Catalyst).....
۱۴	۳-۲- ساختار مبدل‌های کاتالیزوری.....
۱۵	۱-۳-۲ پایه‌ی کاتالیزور یا تکیه‌گاه (Substrate).....
۱۶	۲-۳-۲ پوشش لایه‌ی میانی (Washcoat).....
۱۶	۳-۳-۲ لایه‌ی کاتالیزوری.....
۱۶	۴-۳-۲ محافظ مونولیت (Mat) و توری فلزی.....
۱۶	۵-۳-۲ محافظ فلزی (Canning).....
۱۶	۴-۲ اضافه شونده‌ها (Additives).....
۱۷	۵-۲ مزایا و معایب استفاده از فلزات گرانبها در مبدل‌های کاتالیزوری.....
۱۸	۶-۲ دلایل نقص یک مبدل کاتالیزوری.....
۲۰	فصل سوم- موتورهای درون سوز.....
۲۱	۱-۳- تاریخچه.....
۲۲	۲-۳- انواع موتورهای چهار زمانه.....
۲۲	۳-۳- موتورهای شش زمانه.....
۲۲	۱-۳-۳ مقدمه.....
۲۲	۲-۳-۳ مزایای موتور شش زمانه.....
۲۳	۴-۳- خودروهای انژکتوری یا کنترل آلودگی.....
۲۴	۵-۳- سیستم‌های کنترل کامپیوتری.....
۲۵	فصل چهارم- اکسید سریم.....
۲۶	۱-۴- شیمی اکسایش و کاهش و نقص اکسید سریم.....
۲۷	۲-۴- برهم کنش با گازهای احیا کننده.....
۲۹	فصل پنجم- فعالیتهای تجربی.....
۳۰	۱-۵- سیستم آزمایشگاهی بررسی عملکرد کاتالیزوری.....
۳۲	۱-۱-۵- راکتور.....
۳۳	۲-۱-۵- سیستم آنالیز محصولات (گاز کروماتوگراف).....
۳۴	۲-۵- شینه‌سازی گاز اگزوز ( $0.12\%CO + 0.6\%C_2H_6$ در آرگون).....

۳۶	..... ۵-۲-۱- محاسبه نسبت حجمی هوا به گاز اگزوز.
۳۷	..... ۵-۳- تهیه کاتالیزور.
۳۸	..... ۵-۴- روش انجام آزمایش.
۳۸	..... ۵-۵- مطالعه پراش پرتو ایکس نمونه‌های پودری.
۳۹	..... ۵-۶- مطالعه کاهش برنامه‌ریزی شده‌ی دمایی (TPR).
۴۰	..... ۵-۷- طیف‌بینی مادون قرمز (FT-IR).
۴۱	..... ۵-۸- مطالعه ریخت‌شناسی سطح کاتالیزورها (SEM).
۴۲	..... فصل ششم- نتایج و بحث.
۴۳	..... ۶-۱- تعیین مشخصات کاتالیزورها.
۴۳	..... ۶-۱-۱- نتایج بررسی الگوی پراش پرتو ایکس (XRD).
۴۸	..... ۶-۱-۱-۱- محاسبه درصد بلوری شدن.
۴۹	..... ۶-۱-۱-۲- محاسبه اندازه کریستال نمونه‌های سنتز شده.
۵۱	..... ۶-۱-۲- نتایج طیف بینی مادون قرمز (FT-IR).
	..... ۶-۱-۳- نتایج بررسی تصاویر روبش میکروسکوپ الکترونی و طیف‌بینی پخش انرژی
۵۳	..... کاتالیزورهای تهیه شده.
۵۵	..... ۶-۱-۴- نتایج کاهش برنامه ریزی شده دمایی.
۵۹	..... ۶-۲- بررسی فعالیت کاتالیزورها.
۵۹	..... ۶-۲-۱- بررسی اثر افزایش سریم بر فعالیت کاتالیزور $\text{LaCoO}_x$ .
۶۳	..... ۷- فصل هفتم- نتیجه گیری و پیشنهادات.
۶۵	..... مراجع.
۷۱	..... پیوست.
۷۲	..... شکل ۱- الگوی XRD کاتالیزور $\text{LaCoCe}_{0.1}\text{O}_x$ در محدوده $2\theta = 20-40^\circ$ .
۷۳	..... شکل ۲- الگوی XRD کاتالیزور $\text{LaCoCe}_{0.2}\text{O}_x$ در محدوده $2\theta = 20-40^\circ$ .
۷۴	..... شکل ۳- الگوی XRD کاتالیزور $\text{LaCoCe}_{0.3}\text{O}_x$ در محدوده $2\theta = 20-40^\circ$ .
۷۵	..... شکل ۴- الگوی XRD کاتالیزور $\text{LaCoCe}_{0.4}\text{O}_x$ در محدوده $2\theta = 20-40^\circ$ .
۷۶	..... شکل ۵- الگوی XRD کاتالیزور $\text{LaCoCe}_{0.5}\text{O}_x$ در محدوده $2\theta = 20-40^\circ$ .
۷۷	..... شکل ۶- الگوی XRD کاتالیزور $\text{LaCoO}_x$ در محدوده $2\theta = 20-40^\circ$ .
	..... شکل ۷- الگوی XRD کاتالیزورهای $\text{LaCoCe}_{0.1}\text{O}_x$ کلسینه شده در دمای $700^\circ\text{C}$ به مدت ۵
۷۸	..... ساعت توسط دستگاه براکر.
۷۹	..... شکل ۸- آنالیز SEM نمونه $\text{LaCoCe}_{0.1}\text{O}_x$ .
۸۰	..... شکل ۹- آنالیز SEM نمونه $\text{LaCoCe}_{0.2}\text{O}_x$ .
۸۱	..... شکل ۱۰- آنالیز SEM نمونه $\text{LaCoCe}_{0.3}\text{O}_x$ .
۸۲	..... شکل ۱۱- آنالیز SEM نمونه $\text{LaCoCe}_{0.4}\text{O}_x$ همراه با پیک های عنصر طلا.
۸۳	..... شکل ۱۲- آنالیز SEM نمونه $\text{LaCoCe}_{0.5}\text{O}_x$ .
۸۴	..... شکل ۱۳- آنالیز SEM نمونه $\text{LaCoCe}_{0.6}\text{O}_x$ .
۸۵	..... شکل ۱۴- آنالیز SEM نمونه $\text{LaCoO}_x$ .

- ۸۶ ..... شکل ۱۵- مقایسه عملکرد کاتالیزور  $\text{LaCoO}_2$ ، در تبدیل  $\text{CO}$  و  $\text{C}_2\text{H}_6$  به  $\text{CO}_2$
- ۸۷ ..... شکل ۱۶- مقایسه عملکرد کاتالیزور  $\text{LaCoCe}_{0.1}\text{O}_2$ ، در تبدیل  $\text{CO}$  و  $\text{C}_2\text{H}_6$  به  $\text{CO}_2$
- ۸۸ ..... شکل ۱۷- مقایسه عملکرد کاتالیزور  $\text{LaCoCe}_{0.2}\text{O}_2$ ، در تبدیل  $\text{CO}$  و  $\text{C}_2\text{H}_6$  به  $\text{CO}_2$
- ۸۹ ..... شکل ۱۸- مقایسه عملکرد کاتالیزور  $\text{LaCoCe}_{0.3}\text{O}_2$ ، در تبدیل  $\text{CO}$  و  $\text{C}_2\text{H}_6$  به  $\text{CO}_2$
- ۹۰ ..... شکل ۱۹- مقایسه عملکرد کاتالیزور  $\text{LaCoCe}_{0.4}\text{O}_2$ ، در تبدیل  $\text{CO}$  و  $\text{C}_2\text{H}_6$  به  $\text{CO}_2$
- ۹۱ ..... شکل ۲۰- مقایسه عملکرد کاتالیزور  $\text{LaCoCe}_{0.5}\text{O}_2$ ، در تبدیل  $\text{CO}$  و  $\text{C}_2\text{H}_6$  به  $\text{CO}_2$

## فهرست جدول‌ها

صفحه	عنوان
۳۴	جدول ۱-۵: زمان اقامت هر یک از اجزای گازی.....
۳۴	جدول ۲-۵: فشار قسمت‌های مختلف کروماتوگراف گازی.....
۳۴	جدول ۳-۵: دمای قسمت‌های مختلف کروماتوگراف گازی.....
۴۵	جدول ۱-۶: مقایسه شدت پیک نمونه‌های تهیه شده در ناحیه $2\theta = 33/2^\circ$ .....
۴۹	جدول ۲-۶: درصد بلوری شدن کاتالیزورهای سنتز شده.....
۴۹	جدول ۳-۶: اندازه‌ی کریستال کاتالیزورهای $LaCoCe_xO_{(3-x)}$ بدست آمده با استفاده از معادله شرر.....
۴۹	جدول ۴-۶: نتایج حاصل از آنالیز عنصری EDS نمونه‌های کلسینه شده دمای $700^\circ C$ به مدت ۵ ساعت.....
۵۵	جدول ۵-۶: نواحی ظهور پیک‌های کاهش عناصر فلزی تشکیل دهنده کاتالیزورها.....
۵۸	جدول ۶-۶: نتایج حاصل از عمل‌کرد کاتالیزورهای ساخته شده به روش سیترات در تبدیل CO به $CO_2$ در دماهای ۱۰، ۵۰ و ۹۰ درصد تبدیل.....
۵۸	جدول ۷-۶: نتایج حاصل از عمل‌کرد کاتالیزورهای ساخته شده به روش سیترات در تبدیل $C_2H_6$ به $CO_2$ در دماهای ۱۰، ۵۰ و ۹۰ درصد تبدیل.....
۶۱	.....

## فهرست شکل‌ها

صفحه	عنوان
۸	شکل ۱-۲: محل قرار گرفتن مبدل کاتالیزوری در خودروهای بنزینی.....
۱۰	شکل ۲-۲: شمایی از مبدل دوبستره.....
۱۱	شکل ۳-۲: شمایی از مبدل کاتالیزوری سه منظوره.....
۱۲	شکل ۴-۲: تأثیر نسبت هوا به سوخت روی درصد تبدیل در مبدل‌های کاتالیزوری.....
۱۲	شکل ۵-۲: شمایی از سیستم کنترل آلودگی‌های منتشره از اتومبیل‌ها.....
۱۴	شکل ۶-۲: شمایی از اجزای یک مبدل کاتالیزوری.....
۱۵	شکل ۷-۲: شمایی از پایه سرامیکی.....
۱۵	شکل ۸-۲: شمایی از پایه فلزی.....
۲۸	شکل ۱-۴: مکانیزم ذخیره و آزاد سازی اکسیژن در ساختار سریا-زیرکونیا.....
۳۱	شکل ۱-۵: شماتیک سیستم آزمایشگاهی.....
۳۱	شکل ۲-۵: سیستم آزمایشگاهی طراحی شده، برای انجام آزمایشات بررسی عملکرد کاتالیزور..
	شکل ۳-۵: شمایی از سیستم راکتور و کوره‌ی مورد استفاده برای تست راکتوری
۳۲	کاتالیزورها.....
۳۳	شکل ۴-۵: جریان سنج ستون حباب.....
۳۹	شکل ۵-۵: دستگاه پراش پرتو x، دانشگاه علوم پایه دامغان.....
۴۰	شکل ۶-۵: سیستم TPR آزمایشگاه کاتالیزور دانشکده‌ی فنی دانشگاه تهران.....
۴۰	شکل ۷-۵: دستگاه FT-IR دانشگاه علوم پایه دامغان مستقر در دانشکده‌ی شیمی.....
۴۱	شکل ۸-۵: دستگاه لایه‌نشان واقع در دانشکده‌ی فنی دانشگاه تربیت مدرس.....
	شکل ۱-۶: الگوی XRD کاتالیزورهای کلسینه شده در دمای $600^{\circ}\text{C}$ به مدت ۸ ساعت در
۴۳	محدوده $2\theta = 20-40^{\circ}$ .....
۴۴	شکل ۲-۶: الگوی XRD کاتالیزورهای کلسینه شده در دمای $700^{\circ}\text{C}$ به مدت ۵ ساعت.....
۴۶	شکل ۳-۶: الگوی XRD کاتالیزورهای کلسینه شده در دمای $700^{\circ}\text{C}$ به مدت ۵ ساعت.....
۴۶	شکل ۴-۶: الگوی طیف IR کاتالیزورهای ( $x=0/0/10/20/30/40/50$ ) $\text{LaCoCe}_x\text{O}_{3+x}$ .....
	شکل ۵-۶: تصاویر SEM کاتالیزورهای $\text{LaCoCe}_x\text{O}_3$ تهیه شده کلسینه شده در دمای $700^{\circ}\text{C}$
۴۷	به مدت ۵ ساعت.....
۴۷	شکل ۶-۶: الگوی TPR کاتالیزورهای ( $x=0/10/20/30/40/50$ ) $\text{LaCoCexO}_{3+x}$ .....
	شکل ۷-۶: الگوی طیف IR کاتالیزورهای $\text{LaCoCe}_x\text{O}_{3+x}$ کلسینه شده در دمای $700^{\circ}\text{C}$ به
۵۲	مدت ۵ ساعت.....
	شکل ۸-۶: تصاویر SEM کاتالیزورهای $\text{LaCoCe}_x\text{O}_3$ کلسینه شده در دمای $700^{\circ}\text{C}$ به مدت
۵۳	۵ h با بزرگ‌نمایی ۳۰۰۰۰ در مقیاس ۵۰۰ نانومتر.....

- شکل ۹-۶ الگوی TPR کاتالیزورهای (a)  $\text{Co}_2\text{O}_3$ , (b)  $\text{CeO}_2$ , (c)  $\text{LaCoCe}_{0.1}\text{O}_x$ , (d)  $\text{LaCoCe}_{0.2}\text{O}_x$ , (e)  $\text{LaCoCe}_{0.3}\text{O}_x$ , (f)  $\text{LaCoCe}_{0.4}\text{O}_x$ , (g)  $\text{LaCoCe}_{0.5}\text{O}$ , (h)  $(\text{LaCoO}_x) \dots$
- شکل ۶-۱۰: مقایسه عملکرد کاتالیزورهای  $\text{LaCoCe}_{(0.1, 0.2, 0.3, 0.4 \text{ or } 0.5)}\text{O}_x$  در تبدیل CO به  $\text{CO}_2$  ..... ۵۹
- شکل ۶-۱۱: مقایسه عملکرد کاتالیزورهای  $\text{LaCoCe}_{(0.1, 0.2, 0.3, 0.4 \text{ or } 0.5)}\text{O}_x$  در تبدیل  $\text{C}_2\text{H}_6$  به  $\text{CO}_2$  ..... ۶۰
- شکل ۶-۱۲: منحنی دمای ۵۰٪ تبدیل مولی CO به  $\text{CO}_2$  بر حسب مقدار سریم در کاتالیزور  $\text{LaCoCe}_{(0.1, 0.2, 0.3, 0.4 \text{ or } 0.5)}\text{O}_{(2+\delta)}$  ..... ۶۱

# فصل اول

مقدمہ



## ۱- مقدمه

امروزه وجود خودرو در سیستم حمل و نقل از ملزومات زندگی انسان‌ها به حساب می‌آید. با عنایت به میزان کارائی آن در کشورهای مختلف استقبال فراوانی از آن شده است. از شاخص‌های توسعه یافتگی در کشورها، میزان تولید و مصرف خودرو می‌باشد [۱].

آلودگی هوا از معضلات زندگی امروزی است. آلاینده‌های خروجی از اگزوز اتومبیل‌های بنزینی از منابع اصلی آلودگی هوا در شهرهای بزرگ می‌باشد. منوکسیدکربن، NO یا NO<sub>۲</sub> (که به صورت NO<sub>x</sub><sup>۱</sup> نشان داده می‌شود)، دی اکسید سولفور، هیدروکربن‌های نسوخته<sup>۲</sup> ناشی از سوخت نسوخته یا تبخیر شده و ذرات معلق از آلاینده‌های شناخته شده در موتورهای احتراق داخلی می‌باشد [۱]. منواکسیدکربن، هیدروکربن‌های نسوخته و اکسیدهای ازت از مهم‌ترین آلاینده‌های گاز اگزوز می‌باشند. این آلاینده‌ها منجر به مشکلات تنفسی و بیماری‌های قلبی می‌شوند. در این میان منواکسیدکربن آلاینده‌گی بیشتری دارد.

میلیون‌ها خودرو در جاده‌ها و خیابان‌های جهان در حال حرکت هستند که هر یک منبع آلودگی تلقی می‌شوند. در شهرهای بزرگ، آلاینده‌های ناشی از عملکرد خودروها می‌تواند مشکلات بسیاری را به وجود آورد. در اوایل دهه ۱۹۷۰ افزایش استفاده از اتومبیل در برخی شهرهای بزرگ نگرانی جوامع را در مورد آلودگی ناشی از گاز خروجی خودروها برانگیخت [۲]. برای حل این مشکل، کشورها قوانین زیست محیطی خاصی را تدوین کردند. هم‌چنین قوانینی وضع کرده‌اند که مقدار آلودگی هر خودرو را محدود می‌سازد. نخستین اقدامات در جهت کنترل آلودگی‌های ناشی از احتراق نامطلوب اتومبیل‌ها در ایالت کالیفرنیا آمریکا صورت گرفت. استانداردهای اروپا، ایالات متحده و ژاپن از جمله مهم‌ترین آن‌ها می‌باشد [۳].

از آنجایی که بیشترین خودروهای تولیدی جمهوری اسلامی ایران توسط کشورهای اروپایی طراحی شده‌اند، از قوانین اتحادیه اروپا در کشور ما استفاده می‌گردد. سازندگان خودرو به‌منظور رعایت این قوانین، روش‌های متفاوتی برای جلوگیری از تولید و انتشار آلاینده‌ها و هم‌چنین سیستم‌های متنوعی برای سوخت‌رسانی خودروها ابداع کرده‌اند. در این میان می‌توان به سیستم‌های پمپ تزریق هوا و شیربرگردان گاز اگزوز<sup>۳</sup> اشاره کرد [۴]. در سیستم تزریق، هوا به

<sup>۱</sup> Noxes.

<sup>۲</sup> Unburned HydroCarbons (UHC)

<sup>۳</sup> Exhaust Gas Recirculation (EGR)

محل خروج گازهای حاصل از احتراق وارد می‌شود که در نتیجه آن گازهای داغ حاوی UHC در مواجهه با اکسیژن هوا می‌سوزد.

سیستم EGR نیز که به منظور کنترل و کاهش انتشار  $\text{NO}_x$  طراحی شده بود با بازگردان بخشی از گازهای اگزوز به داخل سیلندر کار می‌کرد. عامل اصلی تولید  $\text{NO}_x$  بالا بودن دما است (بالتر از  $1370^\circ\text{C}$ ). وارد کردن گازهای اگزوز به داخل سیلندر سبب رقیق‌تر شدن مخلوط سوخت و هوا شده و دمای احتراق را کاهش و در نتیجه سبب کنترل تولید  $\text{NO}_x$  می‌شود [۹-۵].

این تغییرات موتور اتومبیل‌ها برای رسیدن به استانداردهای آلودگی باعث شد خودروهای تولید شده کارکرد مطلوبی نداشته باشند. هم‌اکنون سازندگان خودرو، موتور اتومبیل‌ها را بدون توجه به گازهای آلاینده خروجی طراحی و سپس با کمک کاتالیزور، گازهای خروجی را به حد استانداردهای آلودگی کاهش می‌دهند. یک روش مناسب برای کاهش گازهای آلاینده خروجی از خودروها استفاده از مبدل کاتالیزوری<sup>۱</sup> بود که در سال ۱۹۷۵ برای کاهش آلودگی خودروها به کار رفت [۱۰]. مبدل‌های کاتالیزوری با سوخت بدون سرب، عمر مفیدی حدود ۸۰ هزار کیلومتر دارند. پس از پایان عمر مفید نیز تنها ۱۰٪ کاتالیزور مصرفی در آن‌ها از بین می‌رود. روش استفاده از مبدل‌های کاتالیزوری سودمندترین و ساده‌ترین روش کنترل انتشار آلودگی از خروجی اگزوزها است که تا امروز شناخته شده است [۱۱].

مبدل‌ها تنها وسیله شناخته شده‌ای هستند که پالایش هر سه آلاینده  $\text{CO}$ ،  $\text{HC}$  و  $\text{NO}_x$  را به‌طور هم‌زمان انجام می‌دهند. کاتالیزورهای سه منظوره‌ی<sup>۲</sup> متداول برای اگزوز اتومبیل‌ها شامل فلزات گرانبه‌ای پلاتین، پالادیوم و رودیوم بر روی پایه‌ی آلومینا<sup>۳</sup> می‌باشند. آلاینده‌های گاز اگزوز با عبور از روی این کاتالیزورها به مواد بی‌ضرر و یا کم‌ضرر تبدیل می‌شوند. اساس کار فلزات کاتالیزوری در این مبدل‌ها، اکسیداسیون  $\text{HC}$  و  $\text{CO}$  و احیاء  $\text{NO}_x$  در حین عبور جریان گاز از ما بین دسته لوله‌های ریز مبدل است. از جمله دلایل افت فعالیت این کاتالیزورها، کاهش سطح فعال فلزات گرانبه‌ها در اثر پدیده‌ی هم‌جوشی<sup>۴</sup> در دمای بالا و نوسانات کاهشی - اکسایشی<sup>۵</sup> اتمسفر گاز اگزوز می‌باشد. به‌علت قیمت بالا و همچنین محدودیت منابع فلزات گرانبه‌ها، تلاش برای پیدا کردن ترکیب کاتالیزوری متفاوت در حال انجام است تا استفاده از این فلزات در مبدل‌های کاتالیزوری به حداقل رسد یا حتی جایگزین آن‌ها شود.

<sup>۱</sup> Catalytic Converter

<sup>۲</sup> Three-Way Catalyst (TWC).

<sup>۳</sup>  $\text{Al}_2\text{O}_3$ .

<sup>۴</sup> Sintering.

<sup>۵</sup> Redox.

در فصل دوم ابتدا آلاینده‌های خروجی از آگروز خودروهای بنزینی معرفی و سپس به بررسی کلی مبدل‌های کاتالیستی رایج و ساختار آن‌ها پرداخته و در انتها مزایا و معایب استفاده از فلزات گران‌بها در مبدل‌های کاتالیزوری بیان خواهد شد.

در فصل سوم به معرفی مختصری از موتورهای درون سوز، موتورهای چهار زمانه کاربراتوری و انژکتوری و سیستم‌های کنترل کامپیوتری خواهیم پرداخت.

در فصل چهارم اکسید سریم، ساختار و خواص و کاربرد آن در مبدل‌های کاتالیزوری به عنوان جانشین فلزات گران‌بها بررسی می‌شود.

در فصل پنجم فعالیت‌های تجربی انجام شده در این تحقیق شامل روش ساخت و آماده سازی کاتالیزورها و دستگاه‌های آزمایشگاهی به کار گرفته شده جهت بررسی فعالیت و تعیین مشخصات کاتالیزورها مطرح می‌شوند.

در فصل ششم نتایج به دست آمده در مورد مشخصات کاتالیزورهای ساخته شده، فعالیت و همچنین رفتار آن‌ها در شرایط عمل‌کرد مبدل‌های کاتالیزوری بیان و به بحث و بررسی در مورد این نتایج می‌پردازیم. و در آخر، در فصل هفتم این نتایج به دست آمده مورد جمع‌بندی قرار گرفته و پیشنهاداتی نیز جهت انجام پروژه‌های تحقیقاتی مشابه بیان می‌شود.

فصل دوم

مبدل کاتالیزوری