

## موضوع : ویژگیهای کاتالیست بنزین و گاز (بخش اول)

سوختههای فسیلی نظیر بنزین بعد از احتراق دی اکسید کربن ، اکسید های نیتروژن، منوکسید کربن ، آب و هیدرو کربنهای نسوخته تولید می کنند . در مورد گاز طبیعی از آنجایی که این گاز تنها از متان و در صد بسیار کمی از هیدروکربنهای سبک دیگر تشکیل شده است و هنگام احتراق علاوه بر گازهای عنوان شده به جای هیدرو کربنهای نسوخته مقدار زیادی متان به عنوان سوخت نسوخته موجود خواهد بود. متان در طبیعت به مقدار کمی موجود بوده اما به عنوان یک آلاینده گلخانه ای باید به منظور رسیدن به استانداردهای موجود کنترل و کاهش یابد . ملکول متان به دلیل اشباع بودن ظرفیت کربن با هیدروژن بسیار پایدارتر از سایر هیدروکربنهاست و تحت شرایط فیزیکی مشکلتری شکسته می شود .

بدین ترتیب جهت شکستن متان در کاتالیست ، به خصوص در مواردی که استاندارد آلایندهی مطرح بالاتر از Euro<sup>۲</sup> باشد ، باید شرایط لازم در کاتالیست فراهم شود این شرایط عبارتست از:

\*اکتیویته شیمیایی مناسب

\*دمای عملکردی بیشتر

از آنجا که دمای احتراق گاز طبیعی بالاتر از بنزین است ، دمای گاز خروجی از آگروز در حالتی که یک موتور با گاز طبیعی کار می کند بیشتر از حالتی است که با بنزین کار می کند بنابراین برای تبدیل متان لازم است محیط اکتیو مناسبی از نظر شیمیایی در کاتالیست به وجود آید . بدین منظور دانسیته سلو لها را در کاتالیستهای گاز طبیعی افزایش می دهند و معمولا از عنصر پالادیم جهت افزایش تبدیل متان در کاتالیست استفاده می کنند.[۱۶]

به این ترتیب کاتالیست های گاز طبیعی با کاتالیست های بنزین تفاوتی در شکل ظاهری و پوشش دارند. ، عناصری نظیر سرب و گوگرد و فسفردر گاز طبیعی وجود ندارند لذا خطر مسمومیت کاتالیست در حالتی که از گاز طبیعی استفاده می گردد ، بسیار کمتر و عمر کاتالیست طولانی تر است . کاتالیست های گاز طبیعی غالبا در دمای بالاتری کار می کنند و لازم است از نظر ساختار به نحوی ساخته شوند که در برابر دمای بالا مقاوم باشند و عمر کلی آنها کاهش نیابد.[۱۶]

## انواع موتورهای گاز سوز از نظر مقدار هوا به سوخت :

موتورهای گاز سوز را می توان از نظر مقدار هوا به سوخت به سه دسته تقسیم نمود :

\* موتورهای گاز سوز در شرایط استوکیومتری ( $\lambda = 1$ )

\* موتورهای گاز سوز با مخلوط رقیق ( $1/6 < \lambda < 1/5$ )

\* موتورهای دوسوخته

## موتورهای گازسوز استوکیومتریک :

موتورهای استوکیومتریک آن دسته از موتورهایی هستند که نسبت هوا به سوخت ورودی به موتور در حد نسبت هوا به سوخت ایده آل یا تئوریک نگه داشته می شود. این نسبت برای گاز طبیعی با متان بالای ۹۰ درصد حدود ۱۷ می باشد برای متان خالص نسبت هوا به سوخت استوکیومتری ۱۷/۲ می باشد. [۱۷]

با کارکرد موتور در شرایط استوکیومتری ( $\lambda = 1$ ) دستیابی به توان خروجی بیشینه ممکن می گردد. در مقایسه با موتورهای فقیر سوز، در حالت استوکیومتری به دلیل عدم وجود هوای اضافی در محفظه احتراق، دمای گازهای احتراق بالاتر بوده و در نتیجه میزان تشکیل NOx که تابعی نمایی از دما می باشد افزایش می یابد. میزان CO<sub>2</sub> در این موتورها نسبت به حالت فقیر سوز بیشتر بوده ولی به دلیل احتراق بهتر و دمای شعله بالاتر، مقادیر UHC کاهش می یابد.

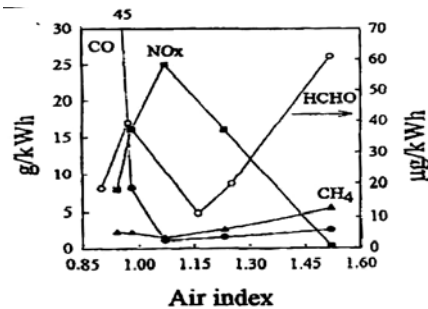
## موتورهای گازسوز فقیر سوز:

موتورهای فقیرسوز که با میزان هوای اضافی ( $\lambda > 1$ ) ورودی به موتور کار می کنند در مقایسه با موتورهای استوکیومتریک سوخت کمتری در یک حجم یکسان موتور مصرف نموده و در نتیجه توان کمتری دارند ولی بازده حرارتی آنها بالاتر است. مقادیر CO<sub>2</sub> به دلیل کاهش مول های سوخت ورودی به موتور فقیر سوز کمتر است. به دلیل دمای پائین تر گازهای احتراق ناشی از وجود هوای اضافی در محفظه احتراق موتور، NOx کمتری نیز تشکیل می گردد.

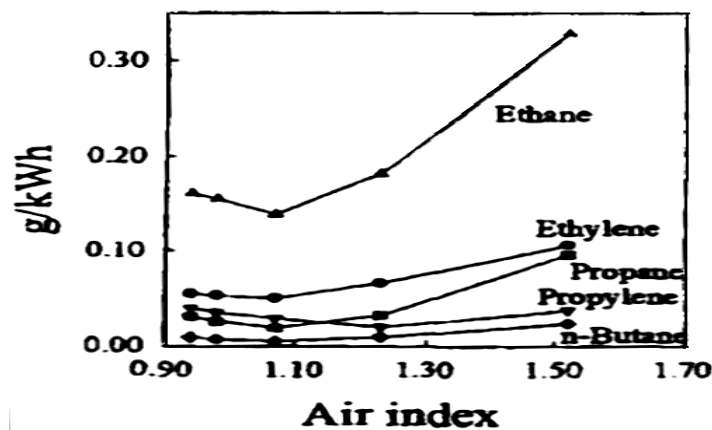
## رفتار آلاینده های خروجی از موتورهای گازسوز در عبور از مبداهای کاتالیستی:

از آنجائیکه در موتورهای گاز طبیعی سوز متان قسمت عمده آلاینده THC را شامل می شود و به دلیل آنکه رفتار متان در مبدل های کاتالیستی تفاوت چشمگیری با سایر هیدروکربن های نسوخته دارد، در استانداردهای جدید آلاینده های هیدروکربنهای نسوخته به دو دسته متان (CH<sub>4</sub>) و هیدروکربن های غیر متانی (NMHC) دسته بندی می گردند و همکاران در یک پژوهش رفتار آلاینده های مختلف را با در نظر گرفتن هیدروکربن های متانی و غیر متانی برای یک موتور

گازسوز که با سه کاتالیست مختلف A ، B و C مورد آزمون قرار گرفته است بررسی کرده اند . شکل‌های (۱ و ۲) اثرات نسبت هوای اضافی را قبل از ورود به کاتالیست سه راهه روی آلاینده های مختلف با تفکیک هیدرو کربنها به متان و غیر متان نشان می دهد . چنانچه در مقادیر اندازه گیری شده دیده می شود در نزدیکی شرایط استوکیومتریک ( $\lambda = 1$ ) مقادیر NOx در بیشترین میزان خود و مقادیر سایر آلاینده ها در مقادیر کمینه خود می باشند. [۱۷]



شکل ۱- تأثیر نسبت هوای اضافی روی آلاینده‌های متان، فرمالدئید، NOx و CO



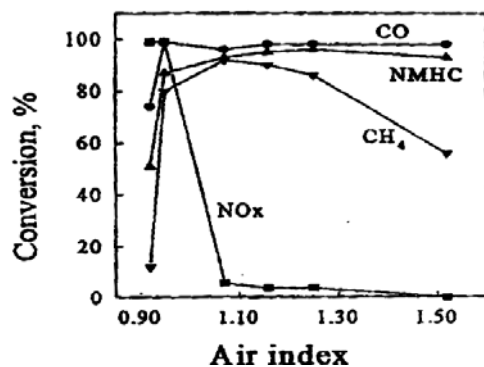
شکل ۲- تأثیر نسبت هوای اضافی روی آلاینده‌های غیرمتانی (NMHC)

در این پژوهش با نصب سه نوع کاتالیست متفاوت که مشخصات آنها در جدول (۱) آمده است، بازده تبدیل کاتالیستها برای آلاینده های مورد نظر در نسبت های هوای اضافی اندازه گیری شده است. شکل های (۳ تا ۵) این نتایج را نشان می

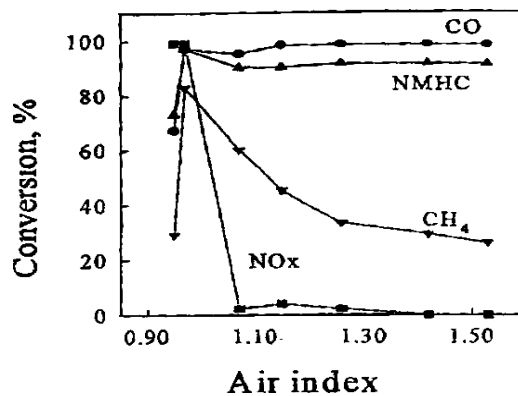
دهند

جدول ۱- مشخصات کاتالیست‌های به کار رفته در پژوهش Corbo و همکاران

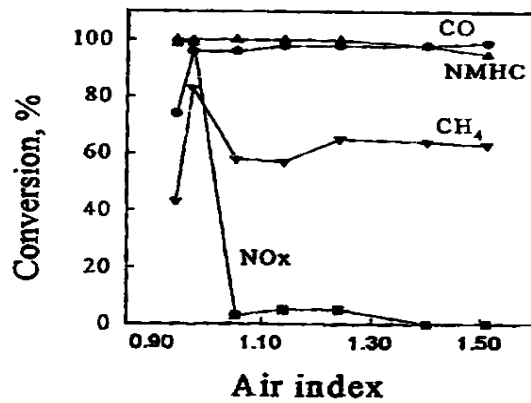
Catalyst	Type A	Type B	Type C
Substrate	Ceramic	Metallic	Ceramic
Diameter(cm)	۲۷	۲۵	۲۷
Length(cm)	۱۵	۱۵	۱۸
Volume(dm <sup>۳</sup> )	۸,۵	۷,۴	۱۰,۳
Cells/cm <sup>۲</sup>	۶۲	۹۳	۹۳
<b>Percious metals</b>			
(PM) (g/dm <sup>۳</sup> )	۵,۳	۳,۷	۱,۸
Total PM(g)	۴۵,۰	۲۷,۶	۱۸,۲



شکل ۳- بازده تبدیل کاتالیست A روی آلاینده‌های متان، NMHC، NO<sub>x</sub> و CO نسبت به هوای اضافی



شکل ۴- بازده تبدیل کاتالیست C روی آلاینده‌های متان، NMHC، NO<sub>x</sub> و CO نسبت به هوای اضافی



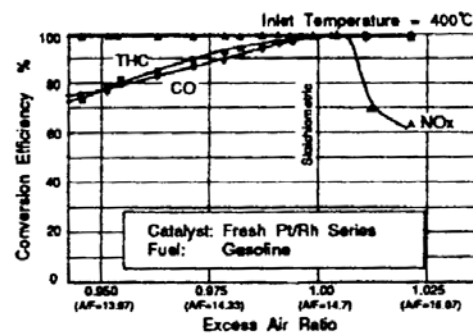
شکل ۵- بازده تبدیل کاتالیست B روی آلاینده‌های متان، NMHC، NO<sub>x</sub> و CO نسبت به هوای اضافی

چنانچه در شکل ها دیده می شود در مقادیر نزدیک به شرایط استوکیومتری، تبدیل NO<sub>x</sub> تقریباً کامل است ولی با افزایش هوای اضافی بازده تبدیل سریعاً کاهش می یابد که به دلیل وجود اکسیژن اضافی و عدم احیای NO<sub>x</sub> در این حالت می باشد . در حالت غنی سوز (λ < ۱) بازده تبدیل حدود ۱۰۰ درصد است . توسعه موتورهای CNG فقیر سوز با توجه به استانداردهای سخت آلاینده‌گی مستلزم به کارگیری کاتالیست های جدید de- NO<sub>x</sub> می باشد که قابلیت تبدیل NO<sub>x</sub> را در حضور اکسیژن اضافی داشته باشد . بازده تبدیل CO در حالت غنی سوز نسبت به حالت استوکیومتری و فقیر سوز کمتر است که به علت اکسیداسیون مشکل CO در اثر فقدان هوای اضافی در این حالت می باشد . با افزایش نسبت هوای اضافی این درصد نیز سریعاً افزایش می یابد و به حدود ۱۰۰ درصد می رسد . این رفتار برای هیدروکربن های غیرمتانی نیز صادق است . در مورد متان وضعیت فرق می کند و با افزایش نسبت هوای اضافی بازده تبدیل متان در هر سه کاتالیست کاهش می یابد . البته در حالت استوکیومتری بازده تبدیل متان برای هر سه نوع کاتالیست بیشترین مقدار خود را دارد . در منطقه فقیر سوز بهترین عملکرد در مورد تبدیل متان مربوط به کاتالیستی بوده است که غلظت پالادیم بیشتری دارد (کاتالیست A) که نشاندهنده تاثیر چشمگیر متان روی تبدیل هیدروکربن ها در مواقعی است که سرعت فضایی (Space Velocity) بالا بوده است .

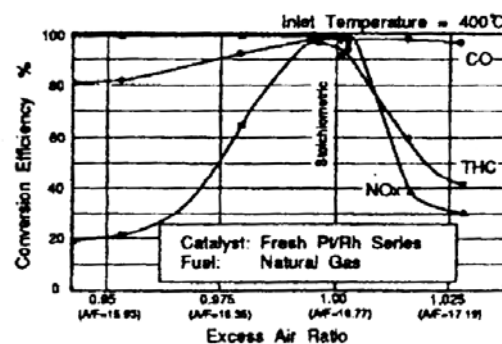
در پژوهشی که توسط Ishii و همکاران روی یک موتور گاز سوز شده از پایه بنزینی مدل VG<sup>30E</sup> با حجم حدود ۳۰۰۰CC انجام شده است بازده تبدیل یک کاتالیست نو Pt/Rh برای دو حالت بنزینی و گاز سوز در نسبتهای هوای اضافی اندازه گیری شده است. شکل های (۳۹ و ۴۰) دیده می شود که بازده تبدیل متان موتور گاز سوز به غیر از حالت استوکیومتری به شدت کاهش می یابد . رفتار تبدیل NO<sub>x</sub> و CO برای هر دو موتور تقریباً مشابه است . با بکارگیری یک کاتالیست پالادیم مقادیر تبدیل هیدروکربن های نسوخته در حالت غنی سوز بهبود خوبی را نشان می دهد شکل (۶) در

مقادیر هوای اضافی بازده تبدیل THC مقدار پایینی است . [۱۸]

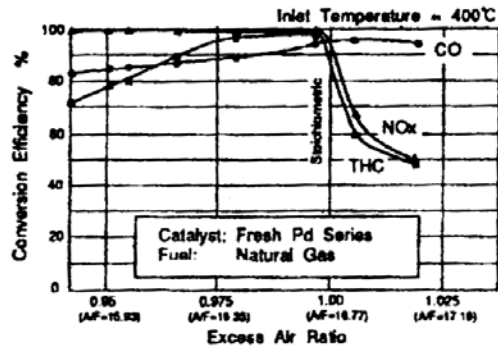
در این پژوهش تاثیر درصد مولی بخار آب موجود در گازهای احتراق روی بازده تبدیل کاتالیست Pd برای متان بررسی شده است. نتایج در شکل (۸) آمده است. با افزایش نسبت هوای اضافی بازده تبدیل کاتالیست در حالتیکه درصد مولی بخار آب موجود در گازهای احتراق پایین است، کاهش چندانی نشان نمی دهد ولی با افزایش درصد مولی بخار آب، بازده تبدیل کاتالیست برای متان شدیداً افت می کند و این یکی از عمده ترین دلایل کاهش بازده تبدیل متان در کاتالیست موتورهای گاز طبیعی سوز است. قابل توجه اینکه در موتور گاز سوز درصد مولی بخار آب در گازهای احتراق بیشتر از موتورهای بنزینی است ۳/۱۸ درصد برای گاز و ۳/۱۲ درصد برای بنزین در شرایط استوکیومتریک. [۱۸]



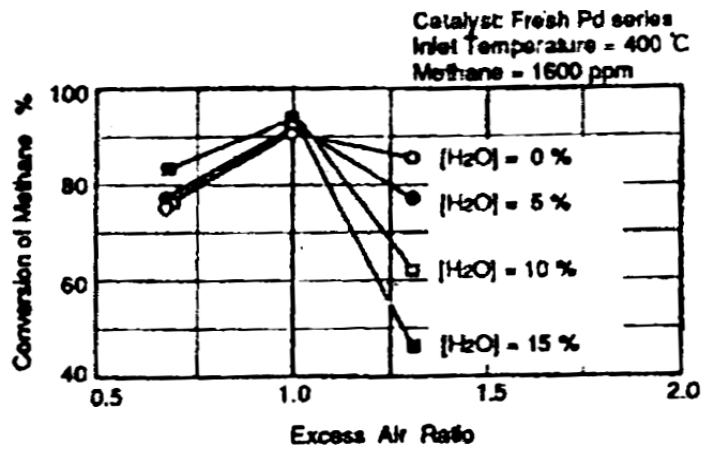
شکل ۶- بازده‌های تبدیل کاتالیست Pt/Rh برای حالت بنزینی



شکل ۷- بازده‌های تبدیل کاتالیست Pt/Rh برای حالت گاز طبیعی سوز



شکل ۸- بازده‌های تبدیل کاتالیست Pd برای حالت گاز طبیعی سوز



شکل ۹- اثرات نسبت مولی بخار آب در گازهای احتراق روی بازده تبدیل کاتالیست Pd برای متان