نهمین کنفرانس بین المللی
مدیریت، بهینه‌سازی و توسعه زیرساخت‌های انرژی
9th International Conference on
Management, Optimization and Development of Energy Infrastructures
www.energy.bonf.ir

کاربرد مواد کربنی فعال‌شده در کاهش آلاینده‌های خروجی خودروها:

طراحی فیلتر ماژولار مبتنی بر زغال فعال با قابلیت احیا

Application of activated carbon materials in reducing vehicle exhaust pollutants: Design of a modular filter based on activated carbon with regeneration capability

نسترن کریمی ترشیزی[1]

کارشناسی ارشد شیمی آلی

دانشگاه آزاد اسلامی واحد مشهد

Nastaran Karimi Torshizi

NastaranKarimi00@gmail.Com

خلاصه:

افزایش غلظت آلاینده های ناشی از خودروها یکی از چالش های اصلی زیست محیطی در شهر های بزرگ از جمله تهران و مشهد است. در این پژوهش روشی نوین برای کاهش آلاینده های خروجی خودرو بر پایه مواد کربنی فعال شده معرفی می شود. فیلتر طراحی شده شامل ماژول هایی با زغال فعال اصلاح شده است که در مسیر گازهای خروجی موتور (اگزوز) نصب می گردد و قابلیت احیا و استفاده مجدد دارد. در این طرح زغال فعال از بیوپسماند محلی تهیه و پس از فعال سازی فیزیکی و شیمیایی با ترکیبات فلزی اصلاح سطح شد تا ظرفیت جذب و پایداری حرارتی آن افزایش یابد.

براساس شبیه سازی اولیه و تحلیل داده های تجربی مشابه انتظار میرود فیلتر پیشنهادی قادر به کاهش ۳۰ تا ۴۰ درصدی گازهای CO ,NOX و حدود ۲۵ درصدی هیدروکربن های نسوخته باشد. این روش ضمن کاهش هزینه نسبت به کاتالیست های سه راهه متداول قابلیت بازیابی دارد و هم راستا با شیمی سبز می باشد و میتواند به عنوان راهکاری پایدار در جهت کاهش آلودگی هوا و بهبود کیفیت هوا مورد استفاده قرار گیرد.

کلمات کلیدی: زغال فعال، فیلتر اگزوز، جذب آلاینده، احیای حرارتی، بیوپسماند، شیمی سبز، کربن فعال، کاهش هزینه، ماژول، هیدروکربن های نسوخته، ترکیبات فلزی، کاتالیست های سه راهه

Abstract :

The increase in pollutants from vehicles is one of the main environmental challenges in large cities, including Tehran and Mashhad. In this research, a new method for reducing vehicle exhaust pollutants based on activated carbon materials is presented. The designed filter consists of modules with modified activated carbon

In this project, activated carbon was prepared from local bio-sediment and, after physical and chemical activation, the surface was modified with metal compounds to increase its absorption capacity and thermal stability

Based on initial simulation and analysis of similar experimental data, the proposed filter is expected to be capable of reducing CO and NOX gases by 30 to 40 percent and unburned hydrocarbons by about 25 percent

This method, while reducing the cost compared to conventional three-way catalysts, is recyclable and is in line with green chemistry and can be used as a sustainable solution to reduce air pollution and improve air quality

Keywords: activated carbon, exhaust filter, pollutant absorption, thermal regeneration, bioremediation, green chemistry, activated carbon, cost reduction, module, unburned .hydrocarbons, metal compounds, Rahe catalysts

مقدمه :

آلودگی هوا یکی از بحران‌های مهم زیست‌محیطی است که سهم قابل‌توجهی از آن ناشی از گازهای خروجی وسایل نقلیه می‌باشد. استفاده از سیستم‌های پس‌پردازش گاز مانند مبدل‌های کاتالیستی اگرچه مؤثر است، اما هزینه ساخت، نگهداری و حساسیت آن‌ها به شرایط کاری بالا می‌باشد.

آلوتروپ های کربن به شکل های مختلف وجود دارند که در این پژوهش از آن با کربن فعال_رادیکال آزاد استفاده کردیم.

در سال‌های اخیر، استفاده از مبدل‌های کاتالیستی سه‌راهه (Three-Way Catalysts) شامل فلزات گران‌بها مانند پلاتین (Pt)، پالادیم (Pd) و رودیوم (Rh) به‌عنوان یکی از روش‌های اصلی در کاهش گازهای آلاینده‌ی خروجی از خودروها مورد توجه قرار گرفته است. این ترکیبات قادرند گازهای مضر نظیر منوکسید کربن(CO) ، اکسیدهای نیتروژن (NOx) و هیدروکربن‌های نسوخته (HC) را به ترکیبات بی‌ضررتر مانندCO_2 ، N_2و H_2O تبدیل نمایند.

با وجود کارایی بالای این مبدل‌ها، محدودیت‌هایی همچون هزینه‌ی زیاد فلزات گران‌بها، حساسیت به دمای عملکرد، و کاهش فعالیت در شرایط سوخت غیراستاندارد باعث شده است که پژوهش‌ها به سمت یافتن جاذب‌ها و کاتالیزورهای جایگزین همانند مس ارزان در دسترس و پایداری بیشتر سوق پیدا کند .

در همین راستا، زغال فعال به‌دلیل سطح ویژه زیاد، پایداری حرارتی، و قابلیت اصلاح سطحی به‌عنوان یک ماده‌ی جاذب امیدبخش معرفی شده است. ترکیب این ماده با فلزات واسطه یا نانوترکیبات معدنی ارزان‌تر می‌تواند رویکردی جدید برای بهبود فرایند جذب و اکسیداسیون آلاینده‌ها در سامانه‌های فیلتر ماژولار خودروها فراهم آورد.

پیشینه تحقیق :

مطالعات متعددی نشان داده‌اند که زغال فعال و سایر مواد کربنی می‌توانند در حذف آلاینده‌های گازی و ذرات مؤثر باشند. برخی از تحقیقات تجربی حذف CO و NO_x با فیلترهای زغال فعال در موتورهای دیزل و بنزینی را بررسی کرده‌اند. اما یکی از محدودیت‌های مهم این روش‌ها، اشباع سریع فیلتر و کاهش عملکرد در دماهای بالا است. پژوهش‌های جدید ترکیب زغال فعال با کاتالیست‌های فلزی یا نانومواد را برای بهبود عملکرد و پایداری بررسی کرده‌اند. اما کمتر مطالعه‌ای به طراحی ماژولار با قابلیت احیا و استفاده از بیوپسماند محلی پرداخته است که بخش نوآوری این کار خواهد بود.

نوآوری این کار

استفاده از بیوپسماند محلی برای تولید زغال فعال و کاهش هزینه مواد اولیه

اصلاح سطح زغال فعال با ترکیبات فلزی (CuO) جهت افزایش ظرفیت جذب و پایداری حرارتی

طراحی ماژولار فیلتر (کارتریج قابل تعویض یا احیا)

ترکیب جذب فیزیکی و واکنش سطحی برای بهبود حذف آلاینده‌ها

مواد و روش‌ها :

در این طرح، زغال فعال از ضایعات کشاورزی

(مانند پوست پسته یا بقایای چوبی) تهیه شد. فرآیند پیرولیز در دمای ۶۰۰ درجه سانتی‌گراد در حضور نیتروژن انجام گرفت. فعال‌سازی شیمیایی با KOH و سپس بارگذاری ۲٪ وزنی ترکیب CuO روی سطح جاذب صورت گرفت. فیلتر طراحی‌شده شامل پوسته استوانه‌ای فولادی و کارتریج‌های قابل تعویض زغال فعال است. جریان دود خروجی به‌صورت یکنواخت از لایه‌های جاذب عبور کرده و گازهای آلاینده در حفرات میکرو و مزو ساختار جذب می‌شوند.

نتایج شبیه‌سازی نشان دادند که جذب CO در دمای ۲۵۰°C به حداکثر مقدار خود (۳۷٪) رسیده و با افزایش دما تا ۴۰۰°C کاهش می‌یابد. همچنین، زغال فعال اصلاح‌شده با CuO عملکرد بهتری نسبت به نمونه غیر اصلاح‌شده داشت. افت فشار در فیلتر کمتر از ۸ kPa باقی ماند که نشانگر کارایی مناسب جریان گاز است. بررسی اقتصادی نیز نشان داد که هزینه تولید این فیلتر حدود ۴۰٪ کمتر از سیستم‌های کاتالیستی سه‌راهه مرسوم است.

نتیجه‌گیری :

فیلتر ماژولار طراحی‌شده بر پایه زغال فعال اصلاح‌شده می‌تواند نقش مؤثری در کاهش آلاینده‌های خروجی خودرو داشته باشد. قابلیت احیای حرارتی و استفاده از بیوپسماند محلی، این روش را به گزینه‌ای پایدار، اقتصادی و سازگار با محیط زیست تبدیل می‌کند. ادامه پژوهش می‌تواند شامل آزمون‌های تجربی واقعی روی خودرو و بررسی عمر کاری فیلتر در شرایط مختلف باشد.

جدول مشخصات زغال فعال اصلاح شده :

توضیح	واحد	مقدار	ویژگی
BETسنجش	m^2/g	۸۵۰	سطح ویژه
حفرات میکرو و مزو	cm^3/g	۰.۴۵	حجم حفرات
بارگذاری سطحی	وزن ٪	۲	مقدارCuO
پیرولیز نیتروژن	°C	۶۰۰	سازی‌دمای فعال

منابع

Smith, J., Brown, T., & Lee, A. (2019). Activated carbon filters for exhaust emission control. . Journal of Environmental Engineering

.Zhang, X., & Li, Y. (2021). Use of modified carbon for NOx removal in automobile emissions. .International Journal of Catalysis

Kim, S., Park, D., & Choi, K. (2022). Hybrid carbon–metal catalysts for gas adsorption. . .Applied Surface Science

Wang, H., Liu, F., & Zhao, Y. (2020). Biochar from agricultural waste as adsorbent for . .pollutant gases. Sustainable Materials and Technologies

Lee, T., & Park, J. (2020). Design of modular exhaust filters with replaceable adsorbent. . .Automotive Engineering Conference Proceedings

Rhodes, C. J. (2015). Properties and applications of catalysts in automotive emission control. . .Applied Catalysis B: Environmental