معرفی و انتخاب فیلتر جاذب دوده مناسب

چهارمین همایش ملی مدیریت آلودگی هوا و صدا

ASA
آزمون صنعت آروین

شرکت کنترل کیفیت هوا
وابسته به شهرداری تهران

هسته پژوهشی سوخت، احتراق و آلایندگی
FCE

شناسنامه کتاب

تعداد جلد	۱
کد کتاب	ASA/۹۴/۱۰/۱–۲/۰۱
عنوان کتاب	معرفی و انتخاب فیلتر دوده مناسب
نویسندگان	مهدی دوزندگان، علی معصومی، حسین ایزانلو
ویراستار	حسام عیسی‌زاده، حجت ا... دمیرچی
تهیه‌کننده	شرکت آزمون صنعت آروین، شرکت کنترل کیفیت هوا
نحوه ارجاع	ذکر مطالب کتاب حاضر بدون مجوز از شرکت آزمون صنعت آروین و با ذکر مرجع به‌صورت زیر بلامانع است."معرفی و انتخاب فیلتر دوده مناسب"، کتاب تهیه شده در شرکت آزمون صنعت آروین، شماره کتاب ASA/۹۴/۱۰/۱–۲/۰۰۱ دی ماه ۱۳۹۴
ویرایش	اول
نسخه الکترونیکی	نسخه الکترونیکی این کتاب در وب‌سایت شرکت آزمون صنعت آروین به آدرس *http://asarvin.com* و وب سایت شرکت کنترل و کیفیت هوا به آدرس *http://air.tehran.ir* قابل دسترس می باشد.

فهرست

۱-مقدمه ۲

۲-فیلتر جاذب دوده ۴

۲-۱-تقسیم‌بندی فیلترها ۹

۲-۱-۱-احیاء فعال ۱۰

۲-۱-۲-احیاء غیرفعال ۱۱

۲-۱-۳-احیاء ترکیبی ۱۶

۳-انتخاب فیلتر دوده مناسب هر مدل خودرو ۱۷

۳-۱-مطالعات میدانی قبل از نصب فیلتر جاذب دوده ۱۸

۳-۲-مطالعات میدانی بعد از نصب فیلتر جاذب دوده ۲۰

۴-تاریخچه استفاده از فیلتر جاذب دوده در ایران ۲۲

۵-مراجع ۲۳

ضمیمه : سوالات و ابهامات متداول در خصوص استفاده از فیلتر جاذب دوده ۲۵

۱–مقدمه

پدیده آلودگی هوا در شهر تهران یکی از ره‌آوردهای توسعه صنعتی می‌باشد که با افزایش جمعیت و گسترش شهرنشینی و به تبع آن افزایش وسایل نقلیه روز به روز بر شدت آن افزوده می‌شود. در حال حاضر مهم‌ترین معضل زیست محیطی شهر تهران آلودگی هوا بوده و کاهش و مقابله با آن جز با شناخت آلاینده‌ها و ارائه‌ی راهکارهای مناسب برای کنترل آنها امکان‌پذیر نمی‌باشد.

بررسی‌های صورت گرفته توسط شرکت کنترل کیفیت هوای تهران در سال ۹۳، حاکی از این است که ذرات معلق[۱] و اکسیدهای نیتروژن[۲] آلاینده‌های اصلی هوای شهر تهران می‌باشند. این بررسی‌ها نشان می‌دهند که آلاینده‌های ذرات معلق با قطر کمتر از ۲/۵ میکرون[۳] و ذرات معلق با قطر کمتر از ۱۰ میکرون[۴] در شرایط نامطلوبی قرار داشته و کلیه روزهای آلوده سال ۹۳ به علت افزایش غلظت این دو آلاینده و بویژه ذرات معلق با قطر کمتر از ۲/۵ میکرون رخ داده است. لازم به ذکر است که میزان غلظت این دو آلاینده در سال ۹۳ در تمام ایستگاه‌های سنجش آلودگی هوای شهر تهران، بالاتر از سطح استاندارد سالانه قرار داشته

---

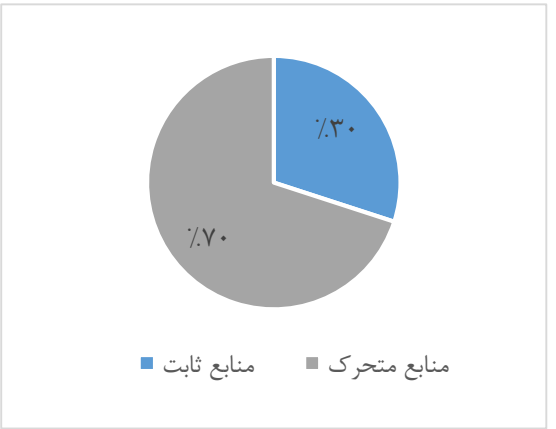
[۱] Particulate matter

[2] NO_x $(NO + NO_2)$

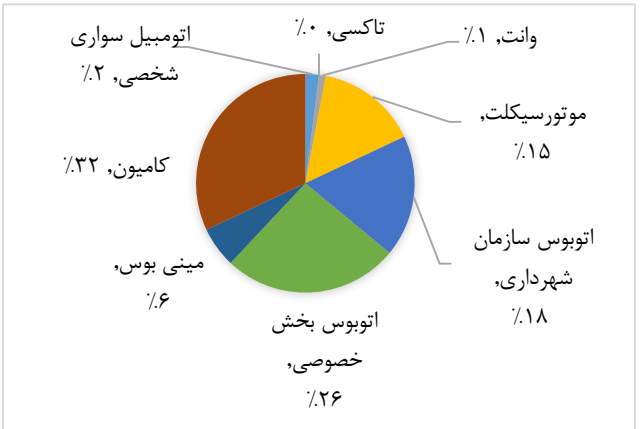
[3] $PM_{2.5}$

[4] PM_{10}

است. از جمله مضرات این ذرات معلق می‌توان به تشدید علائم بیماری‌های قلبی، ریوی و تنفسی و افزایش نیاز به استفاده از دارو در صورت مواجهه کوتاه‌مدت و مرگ و میر زودرس درصورت مواجهه بلندمدت با این ذرات اشاره نمود[۱]. شکل (۱) و (۲) منابع انتشاری ذرات معلق اولیه در شهر تهران را نشان می‌دهد.



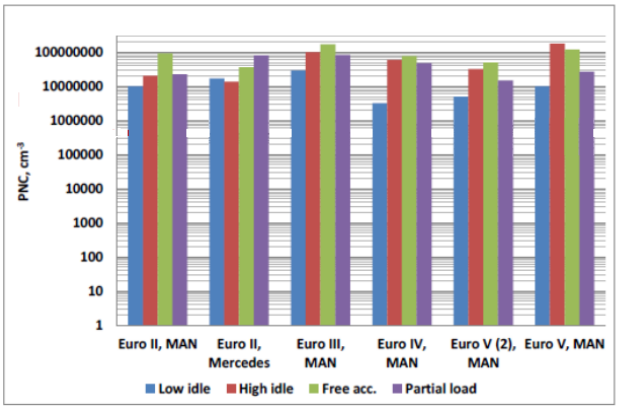
شکل ۱. سهم منابع ساکن و متحرک در تولید ذرات معلق اولیه شهر تهران[۱]



شکل ۲. سهم وسایل نقلیه مختلف در انتشار سالانه ذرات معلق اولیه شهر تهران[۱]

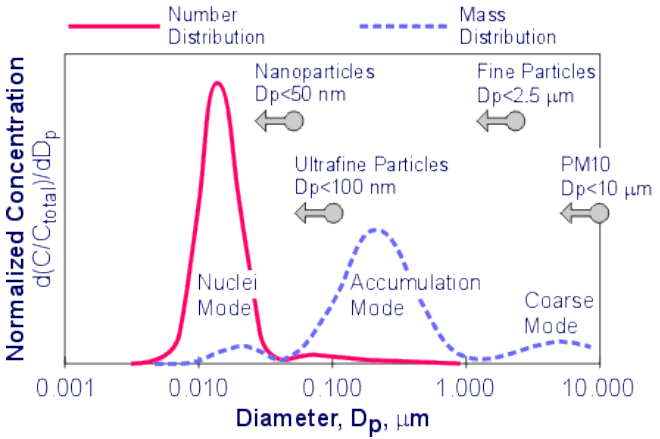
۲–فیلتر جاذب دوده

طی سال‌های اخیر به دلیل وضع قوانین بسیار سختگیرانه در کشورهای مختلف برای کنترل آلایندگی مربوط به ذرات معلق، روش‌های گوناگونی همچون کاتالیست‌های اکسیدکننده، سوخت‌های دیزلی عاری از گوگرد، بهبود کیفیت روغن موتور و بهبود کیفیت کاری موتور ارائه گردیده‌است. تحقیقات محققان نشان داد که، روش‌های ارائه شده با وجود اثربخشی مناسب برروی جرم ذرات انتشاری، بر روی تعداد ذرات خروجی از موتور بی‌تاثیر بوده‌اند[۲].



شکل ۳. تاثیر نوع استاندارد آلایندگی خودروها بر روی تعداد ذرات خروجی از موتور

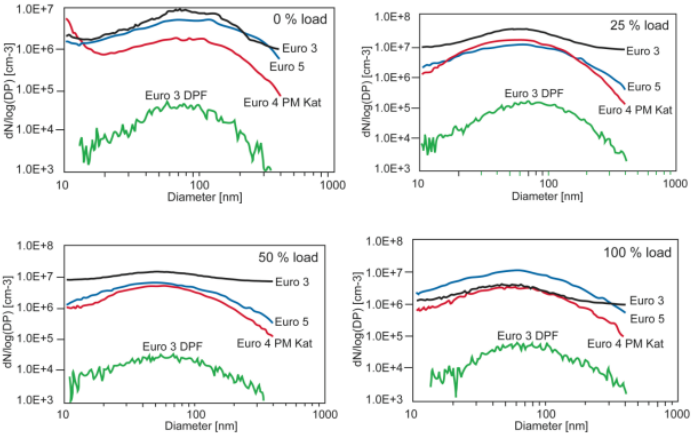
علت این موضوع در این نکته نهفته است که تمامی روش‌های اشاره شده برای کاهش ذرات معلق، تنها قادر به کاهش یا حذف ذرات بزرگ بوده‌اند، حال آنکه ذرات کوچکتر[5] با بیش از ۹۰٪ کل ذرات تولیدی، کمتر از ۱٪ جرم ذرات خروجی از موتور را تشکیل می‌دهند. شکل(۴) توزیع بیمدال[6] ذرات خروجی از موتورهای دیزلی را نشان می‌دهد. با توجه به اثرات منفی شدیدتر ذرات ریز جامد[7] بر روی دستگاه تنفسی و سلامتی انسان[۳]، فیلتر جاذب دوده به عنوان بهترین تکنولوژی در دسترس[8] برای کاهش جرمی و تعدادی ذرات معلق معرفی گردید[۴].



شکل ۴. توزیع بیمدال ذرات خروجی از موتورهای دیزلی

[5] Ultrafine particles and Nanoparticles
[6] Bimodal
[7] Solid ultrafine particles
[8] Best Available Technology (BAT)

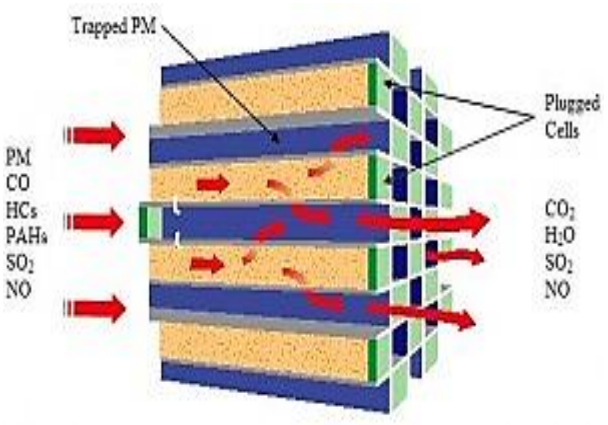
اندرسون[9] و همکاران اثر فیلتر جاذب دوده بر ترکیب ذرات معلق خروجی از موتور را مورد بررسی قرار دادند که نتایج آنها نشان‌دهنده‌ی کاهش چشمگیر جرمی ذرات معلق در صورت استفاده از فیلتر دوده بود[۵]. آزمایشات بورتشر[10] و همکاران، نشان داد که این تکنولوژی می‌تواند تا ۹۹٪ ذرات معلق جامد خروجی از موتور را فیلتر کند[۶].



شکل ۵. مقایسه‌ی تکنولوژی‌های مختلف در کاهش تعدادی ذرات معلق جامد خروجی از موتورهای دیزلی[۷].

[9] Anderson et al
[10] Burtscher et al

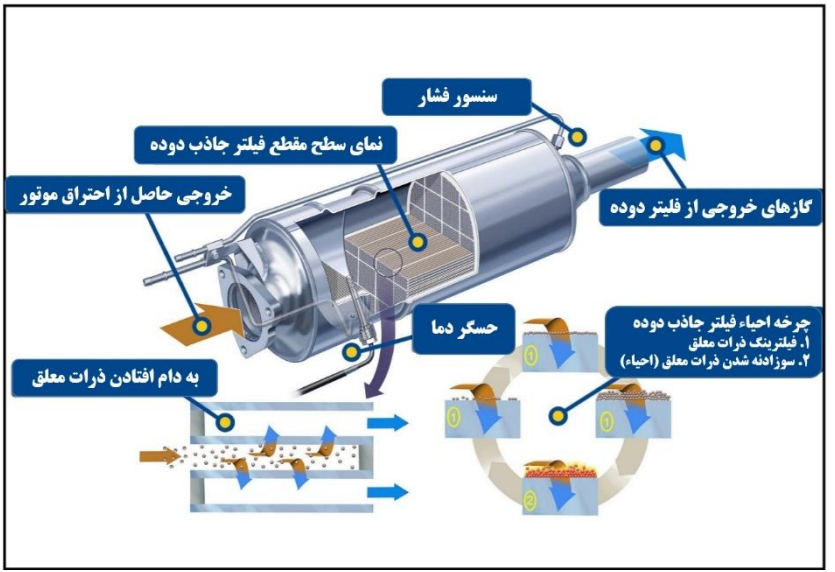
فیلترهای جاذب دوده با توجه به ساختار متخلخل خود، بوسیله‌ی مکانیزم‌های ترکیبی جذب ذرات (رسوب نفوذی[11]، رسوب اینرسیایی[12]و خروج از خط جریان[13]) ذرات معلق جامد خروجی از موتور را به دام انداخته و از انتشار این ذرات به اتمسفر جلوگیری می‌کنند. با افزایش ذرات به دام افتاده در فیلتر، فشار برگشتی[14] گازهای خروجی افزایش می‌یابد. عمده ذرات جامد جمع شده در فیلتر، دوده و یا همان کربن جامد می‌باشد که قابل اشتعال بوده و در صورت فراهم بودن شرایط مناسب سوزانده شده و به صورت گاز از فیلتر خارج می‌شوند. با سوختن ذرات انباشته شده در فیلتر فشار برگشتی کاهش یافته و این چرخه در زمان کارکرد موتور تکرار می‌گردد.



شکل ۶. چگونگی قیلتراسیون ذرات معلق توسط فیلتر جاذب دوده

11 diffusional deposition
12 inertial deposition
13 flow-line interception
14 Back-pressure

شکل(۷) چگونگی عملکرد فیلتر جاذب دوده را نشان می‌دهد.



شکل ۷. چگونگی عملکرد فیلتر جاذب دوده

۲–۱–تقسیم‌بندی فیلترها

فیلترهای جاذب دوده بسته به مکانیزم فرآیند سوزانده شدن ذرات معلق (احیاء[۱۵]) به دو دسته‌ی اصلی احیاء فعال[۱۶] و احیاء غیرفعال[۱۷] تقسیم‌بندی می‌شوند. احیاء فعال به فرآیندی گفته می‌شود که دمای لازم برای سوختن مواد قابل اشتعال به دام افتاده در فیلتر، بوسیله‌ی منبع بیرونی تامین گردد. در احیاء غیر فعال برخلاف احیاء فعال، با روش‌های گوناگون، مقدار انرژی فعالسازی موردنیاز واکنش سوختن پایین آورده می‌شود تا فرآیند احتراق ذرات به دام افتاده در فیلتر در شرایط کارکردی عادی موتور و بدون نیاز به تامین انرژی از منبع جانبی صورت پذیرد[۸].

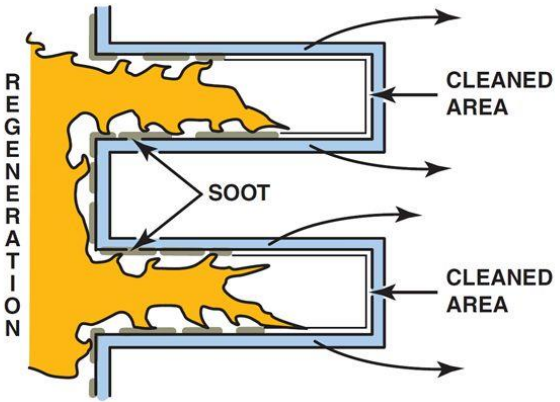
علاوه بر چگونگی فرآیند احیاء، فیلترهای جاذب دوده از منظر جنس هسته‌ی فیلتر نیز به دو بخش اصلی سرامیکی و فلزی تقسیم‌بندی می‌شوند. اصلی‌ترین ویژگی فیلترهای سرامیکی مقاوم بودن در مقابل تنش‌های حرارتی می‌باشد. از طرفی فیلترهای فلزی با ویژگی‌هایی همچون بازده بالای تمیزکاری فیلتر و ضریب هدایت گرمایی بالا شناخته می‌شوند.

---

[15] Regeneration
[16] Active regeneration
[17] Passive regeneration

۲-۱-۱-احیاء فعال

دمای مورد نیاز برای اکسایش دوده‌ی جمع شده در فیلتر حدود ۵۰۰-۵۵۰°C می‌باشد؛ درحالی که دمای گازهای خروجی خودروهای دیزلی در شرایط کارکرد عادی موتور حدود ۲۰۰-۳۰۰°C می‌باشد. از اینرو در فیلترهای احیاء فعال، این اختلاف دما بوسیله‌ی عوامل خارجی جبران می‌گردد. در این نوع فیلترها، ذرات معلق تولید شده در طول کارکرد موتور، در فیلتر به دام افتاده و سبب افزایش فشار برگشتی می‌شوند. با افزایش فشار برگشتی، سیستم کنترلی فیلتر فرمان احیاء را صادر کرده و ذرات معلق به دام افتاده در فیلتر سوزانده می‌شوند. مهمترین مکانیزم‌های افزایش دما در سیستم‌های احیاء فعال عبارتند از:



شکل ۸. نمونه‌ای از فرآیند احیاء فعال

- گرمکن‌های الکتریکی[18]
- محفظه‌ی احتراق ثانویه[19]
- ایجاد خفگی موضعی [20] و ...

از مزیت‌های فیلترهای احیاء فعال سازگاری با موتورهای مختلف و شرایط کارکردی متنوع می‌باشد (عدم وابستگی دمایی، قابل استفاده در خودروهای با سطح استاندارد آلایندگی پایین و سازگار با سوخت‌های دارای گوگرد بالا). از طرفی نیاز به منبع انرژی خارجی و قیمت اولیه‌ی بالاتر نسبت به فیلترهای احیاء غیرفعال از نکات منفی برای این نوع فیلترها به شمار می‌رود.

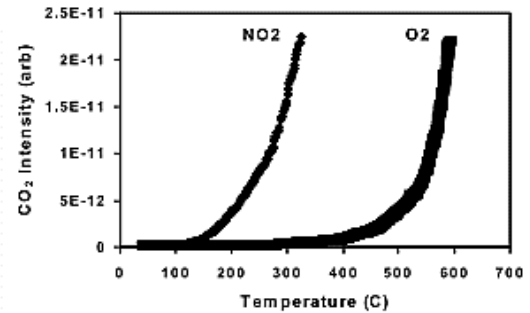
۲-۱-۲-احیاء غیرفعال

در فیلترهای احیاء غیرفعال معمولا دمای مورد نیاز برای واکنش سوختن دوده با استفاده از روش‌های گوناگون پایین آورده می‌شود. فیلترهای احیاء پیوسته[21] و استفاده از کاتالیست، دو روش مورد استفاده در فیلترهای احیاء غیرفعال می‌باشد.

[18] Electrical heater
[19] Diesel burner
[20] Exhaust throttling
[21] Continuous Regeneration Trap (CRT)

فیلترهای احیاء پیوسته

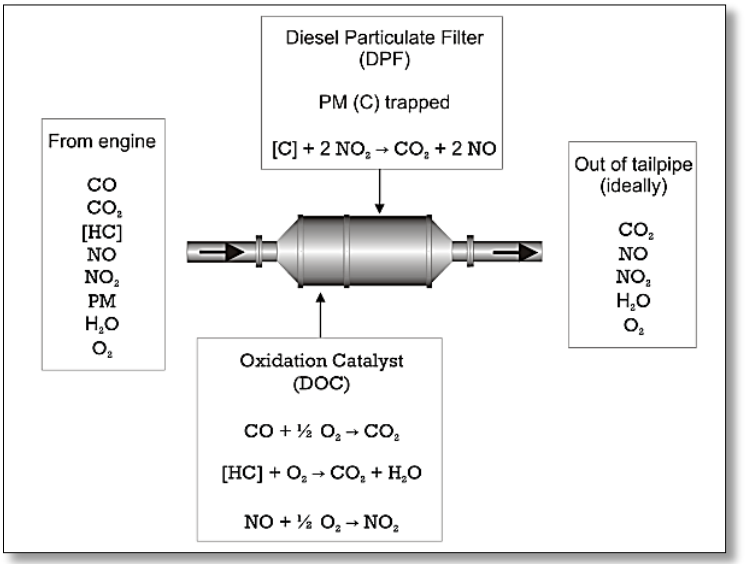
یکی از مهمترین اقدامات صورت گرفته در زمینه‌ی فیلترهای جاذب دوده، استفاده از گاز دی‌اکسید نیتروژن برای سوزاندن ذرات معلق به دام افتاده در فیلتر بوده‌است. این گاز قادر است در دماهای بسیار پایین‌تر نسبت به اکسیژن، ۲۵۰°C، با کربن واکنش داده و آن را به گاز کربن‌دی اکسید تبدیل کند[۹]. این دما در اکثر شرایط کارکردی موتورهای دیزلی دردسترس می‌باشد، از این‌رو به این نوع سیستم فیلتر احیاء پیوسته می‌گویند. از آنجایی که میزان تولید گاز دی‌اکسید نیتروژن در موتورهای دیزلی بسیار کم می‌باشد[۱۰]، سیستم‌های احیاء پیوسته از کاتالیست[۲۲] در بالادست فیلتر، برای تولید دی‌اکسید نیتروژن بوسیله‌ی اکسید کردن مونواکسید نیتروژن، بهره می‌برند.



شکل۹. مقایسه دمای مورد نیاز برای اکسیداسیون کربن بوسیله‌ی اکسیژن و نیتروژن دی‌اکسید[۱۱].

[22] Diesel Oxidation Catalyst (DOC)

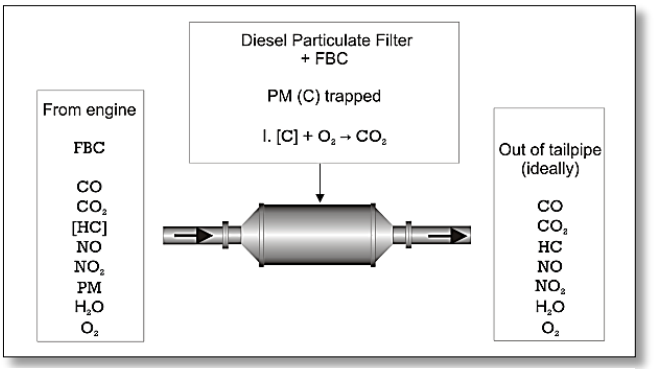
از دیگر مزیت‌های استفاده از فیلترهای احیاء مداوم، حذف تقریبا ۱۰۰٪ گازهای مونواکسید کربن و هیدروکربن‌های گازی شکل می‌باشد. شکل(۱۰) نمایی از یک فیلتر احیاء مداوم و واکنش‌های متداول آن را نشان می‌دهد.



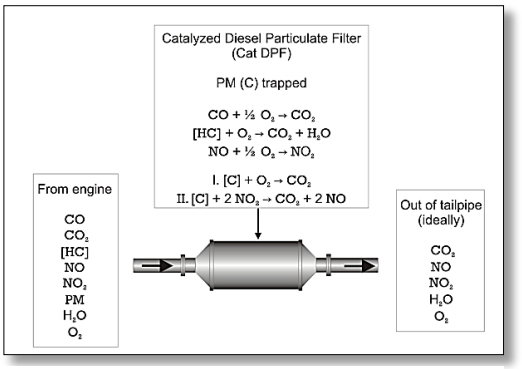
شکل ۱۰. نمایی از فیلتر جاذب دوده احیاء مداوم و واکنش‌های متداول آن

استفاده از کاتالیست برای فرآیند احیاء

افزودنی‌های کاتالیستی پایه فلزی به سوخت[۲۳] (به عنوان مثال: Fe, Ce) و پوشش سطح فیلتر بوسیله‌ی فلزات گرانبها[۲۴] (پلاتینیوم، پالادیوم و ...) دو روش معمول استفاده از کاتالیست برای پایین آوردن دمای مورد نیاز احیاء می‌باشند.



شکل ۱۱. احیاء بوسیله‌ی افزودنی‌های کاتالیستی فلزی به سوخت



شکل ۱۲. واکنش‌های متداول در فیلترهای احیاء کاتالیستی

[23] Fuel Born Catalyst (FBC)

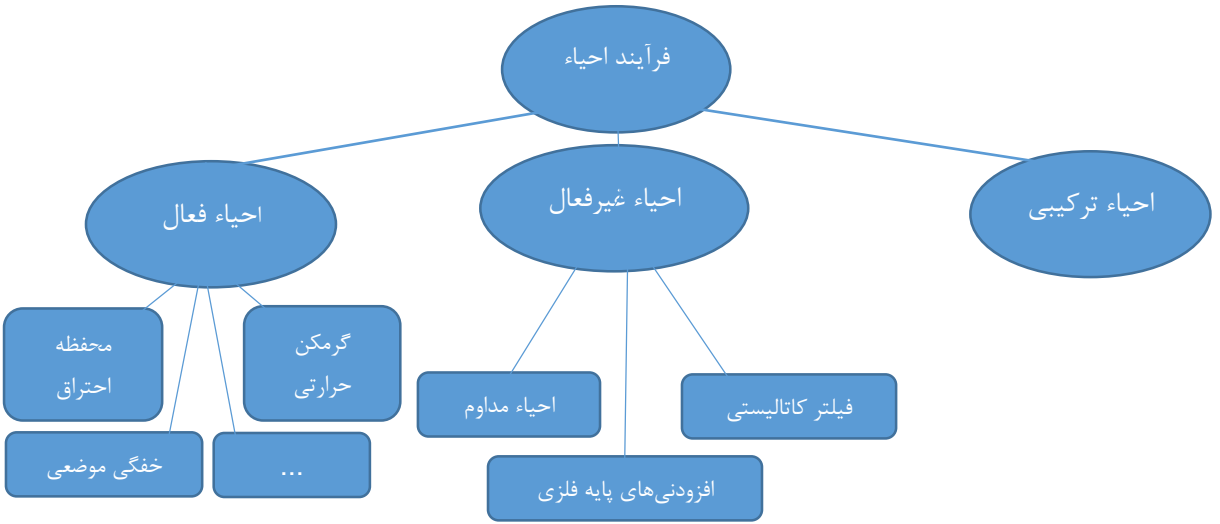
[24] Catalyzed DPF

جدول ۱. روش‌های فرآیند احیاء غیرفعال[۱۱، ۱۲ و۱۳]

روش فرآیند احیاء غیرفعال	گاز اکسید کننده	کمینه دمای کارکرد (°C)	نکات مثبت	نکات منفی
افزودنی‌های پایه فلزی به سوخت	اکسیژن	۴۰۰-۳۷۵	• سازگار با سوخت‌های دارای سطح گوگرد بالا	• وابستگی قابل توجه به دمای گازهای خروجی • قابل استفاده برای سیستم‌های دما بالا • هزینه‌ی مصرف افزودنی
فیلتر کاتالیستی	اکسیژن نیتروژن دی اکسید	۳۲۵	• کارکرد در دماهای نسبتا پایین • کاهش کربن مونواکسید و هیدروکربن‌های گازی شکل	• قابل استفاده برای سوخت‌های کم گوگرد • فشار برگشتی بالا
فیلترهای احیاء مداوم	نیتروژن دی اکسید	۲۵۰	• کارکرد در دمای پایین • کاهش کربن مونواکسید و هیدروکربن‌های گازی شکل • مناسب اتوبوس‌های شهری	• حساسیت شدید نسبت به گوگرد سوخت • افزایش تولید گاز NO_2

۲-۱-۳-احیاء ترکیبی

از احیاء ترکیبی به منظور کاستن از معایب روش‌های احیاء فعال و غیرفعال و استفاده از مزایای آنها به طور همزمان، استفاده می‌شود. از مهمترین روش‌های احیاء ترکیبی می‌توان به استفاده‌ی همزمان از گرمکن‌های حرارتی و افزودنی‌های پایه فلزی به سوخت اشاره نمود.



۳–انتخاب فیلتر دوده مناسب هر مدل خودرو

با توجه به گستردگی و تنوع فیلترهای جاذب دوده (نکات مثبت و منفی هر سیستم) برای انتخاب سیستم مناسب، پایش ناوگان هدف، امری ضروری می‌باشد. مهمترین پارامترهای موثر برای انتخاب فیلتر جاذب دوده عبارتند از:

- قدرت و حجم موتور وسیله نقلیه هدف
- سطح استاندارد آلایندگی موتور وسیله نقلیه هدف
- کیفت سوخت مصرفی (سطح گوگرد سوخت)
- شرایط کارکردی (دمای گازهای خروجی، میزان مصرف سوخت، میزان پیمایش و متوسط ساعات کاری)

از میان پارامترهای اشاره شده، مشخص شدن شرایط کارکردی نیاز به تحقیقات میدانی دارد. از این‌رو برای اجرای پروژه‌های تجهیز وسایل نقلیه به سیستم فیلتر جاذب دوده[۲۵]، مطالعه میدانی قبل از نصب فیلتر جاذب دوده و سپس اجرای فاز امکان‌سنجی (بررسی شرایط عملکردی فیلترهای نصب شده) بر روی ناوگان هدف امری لازم الاجراء می‌باشد.

[25] DPF retrofitted projects

۳-۱-مطالعات میدانی قبل از نصب فیلتر جاذب دوده

مراحل اصلی اجرای مطالعات میدانی به منظور بررسی شرایط عملکردی وسایل نقلیه‌ی هدف عبارتند از:

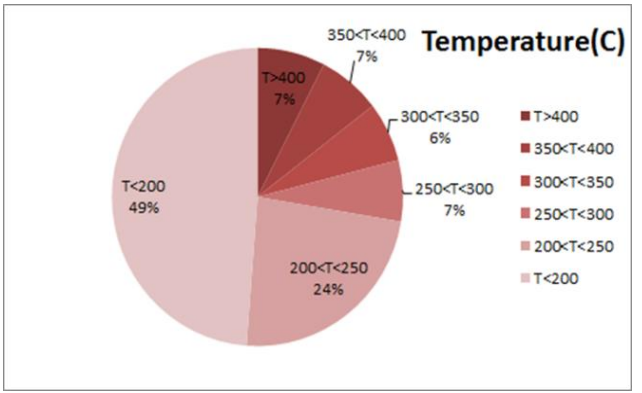
- انتخاب تعدادی از وسایل نقلیه هدف، به گونه‌ای که تمامی حالت‌های مختلف کارکردی را شامل شود.
- بررسی و اندازه‌گیری سیستم‌های انتخابی از منظر دودزایی موتور، مشخصات کارکردی و سطح آلایندگی موتور
- مجهز نمودن نمونه‌های انتخابی به سیستم‌های جمع آوری داده[۲۶]

شکل ۱۳. دستگاه داده‌بردار استفاده شده در پروژه‌ی " امکان‌سنجی نصب فیلترهای جاذب دوده بر روی اتوبوس‌های شهر تهران"

شکل ۱۴. دستگاه اندازه‌گیری میزان دودزایی

[26] Data logger

- جمع‌آوری اطلاعات مربوط به میزان مصرف سوخت و پیمایش
- تحلیل داده‌های بدست آمده و تنظیم بانک اطلاعاتی جامع



شکل ۱۵. توزیع دمای گازهای خروجی از موتور وسیله‌ی نقلیه‌ی هدف
(پارامتری موثر در انتخاب تکنولوژی فیلتر جاذب دوده)

Daily Check

Number	Date	Date	STATUS	Record Mileage (km)	Daily Mileage (km)	Add Fule (liter)	Add Oil (liter)
332	2-Sep-2015	94/06/11	STOP	283081	0	0	
333	3-Sep-2015	94/06/12		283318	237	92	
334	4-Sep-2015	94/06/13		283468	150	54	
335	5-Sep-2015	94/06/14		283754	286	148	
336	6-Sep-2015	94/06/15		284048	294	147	
337	7-Sep-2015	94/06/16		284306	258	129	
338	8-Sep-2015	94/06/17		284651	345	200	
339	9-Sep-2015	94/06/18		284965	314	185	
340	10-Sep-2015	94/06/19		285255	290	170	
341	11-Sep-2015	94/06/20		285437	182	140	
342	12-Sep-2015	94/06/21		285598	161	110	
343	13-Sep-2015	94/06/22		285745	147	100	
344	14-Sep-2015	94/06/23		285927	182	130	
345	15-Sep-2015	94/06/24		286010	83	40	
346	16-Sep-2015	94/06/25		286220	210	160	
347	17-Sep-2015	94/06/26		286460	240	175	
348	18-Sep-2015	94/06/27		286641	181	140	

(4) 78-514 | (4) 78-515 | (4) 78-524 | 85-423

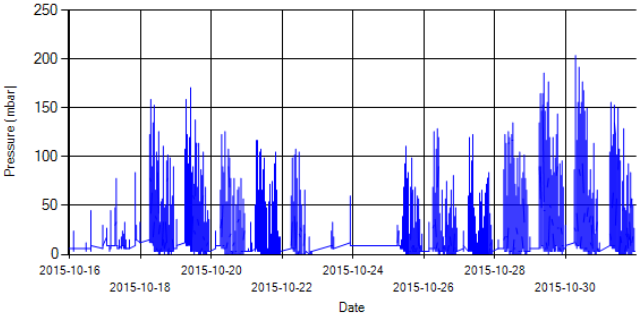
شکل ۱۶ بانک اطلاعاتی برای ثبت اطلاعات مصرف سوخت و پیمایش
(پروژه شهر تهران)

۳–۲–مطالعات میدانی بعد از نصب فیلتر جاذب دوده

از دیگر اقدامات لازم برای تکمیل مطالعات انتخاب فیلتر جاذب دوده مناسب برای هر خودرو، اجرای فاز امکان‌سنجی یا مطالعات میدانی بعد از نصب فیلترهای جاذب دوده می‌باشد. در این مرحله با استفاده از اطلاعات تحلیلی مطالعات میدانی، شرایط عملکردی ناوگان و با در نظرگرفتن ویژگی‌های فیلترهای مختلف، سیستم‌های مناسب ناوگان انتخاب و نصب می‌گردند. سپس وضعیت عملکردی آنها در طول اجرای پروژه بررسی شده و فیلترهای برتر و مناسب مشخص می‌شوند. مهمترین پارامترها برای انتخاب فیلترهای جاذب دوده برتر عبارتند از:

- میزان کارکرد فیلتر بدون نیاز به تمیزکاری
- متوسط فشار برگشتی سیستم در طول دوره‌ی کاری
- هزینه اولیه خرید فیلتر
- هزینه‌های جانبی مربوط به فیلتر (هزینه‌های مواد افزودنی به سوخت و...)
- بازده جذب ذرات معلق توسط فیلتر
- تاثیر فیلتر بر آلاینده‌های گازی وسیله هدف

شکل۱۷. دستگاه ذره شمار استفاده شده در پروژه‌ی "امکان‌سنجی نصب فیلترهای جاذب دوده در شهر تهران" برای مشخص شدن بازده جذب ذرات



شکل ۱۸ نمودار پایش فشار برگشتی سیستم مجهز به فیلتر جاذب دوده

در نهایت می‌توان اظهار داشت که هزینه نسبتا بالای خریداری فیلترهای جاذب دوده در کنار فناوری‌های گوناگون آنها، اهمیت اجرای فاز امکان‌سنجی را دوچندان می‌کند.

۴–تاریخچه استفاده از فیلتر جاذب دوده در ایران

از آنجایی‌که بخش اصلی آلودگی هوای شهر تهران مربوط به ذرات جامد خروجی از اگزوز خودروهای دیزلی است، مصوباتی توسط دولت در سال ۱۳۹۳ مبنی بر اجباری بودن نصب فیلترهای جاذب دوده بر روی این نوع خودروها تصویب گردید. بنا بر مصوبه ۹۳/۰۱/۲۴ هیات محترم دولت نصب و بکارگیری فیلتر جاذب ذرات دیزل را برای کلیه خودروهای وارداتی و تولید داخل اجباری نموده و شماره‌گذاری آنها را منوط به نصب فیلتر تعیین نمود. همچنین شرکت کنترل کیفیت هوای تهران به عنوان عضو وابسته به شهرداری تهران، در راستای اقدامات خود برای بهبود وضعیت آلودگی هوا، اقدام به اجرای فاز آزمایشی نصب تعدادی فیلتر جاذب دوده برروی اتوبوس‌های تندرو سامانه‌های اتوبوسرانی نمود. این اقدام صورت گرفته را می‌توان نخستین گام استفاده از فیلترهای جاذب دوده در ایران برشمرد. در این راستا این شرکت پروژه‌ی "امکان‌سنجی نصب فیلترهای جاذب دوده بر روی اتوبوس‌های تندرو شهر تهران" را در دو فاز تعریف نمود؛ که در فاز نخست فیلترهای جاذب دوده که هرکدام از فناوری خاصی برای فیلتر نمودن ذرات دوده استفاده می‌نمودند، متناسب با نوع سوخت مصرفی کشور انتخاب شده و آزمون‌های موتوری توسط هسته‌ی پژوهشی سوخت، احتراق و آلایندگی دانشگاه صنعتی شریف و با نظارت نماینده سازمان اروپایی بر روی آنها صورت گرفت. در فاز دوم این پروژه که هم اکنون توسط شرکت آزمون صنعت آروین در حال اجراء می‌باشد، فیلترهای مجوز گرفته از فاز اول، بر روی اتوبوس‌های نمونه نصب گردیده و شرایط عملکردی آنها پایش می‌شود. در حال حاضر ۸ عدد از اتوبوس‌های

نمونه مجهز به سیستم فیلتر جاذب دوده می‌باشد که بی شک بررسی و تحلیل نتایج این بخش، مسیر تصمیم‌گیری‌های آینده را روشن‌تر خواهد نمود.

۵–مراجع

[۱]. گزارش سالانه کیفیت هوای شهر تهران در سال ۱۳۹۳، QM94/02/02(U)/1، خرداد ۱۳۹۴.

[2]. **Mayer, A.**, Kasper, M., Mosimann, T., Legerer, F., Czerwinski, J., Emmenegger, L., Mohn, J., Ulrich, A. and Kirchen, P. (2007). SAE Technical Paper.

[3]. **Peters, A.**, Wichmann, H.E., Tuch, T., Heinrich, J. and Heyder, J. (1997). Respiratory effects are associated with the number of ultrafine particles. American journal of respiratory and critical care medicine, 155, 1376-1383.

[4]. **Liu, Z.**, Ge, Y., Tan, J., He, C., Shah, A.N., Ding, Y., Yu, L. and Zhao, W. (2012). Impacts of continuously regenerating trap and particle oxidation catalyst on the NO 2 and particulate matter emissions emitted from diesel engine. Journal of Environmental Sciences, 24, 624-631.

[5]. **Andersson, J.D.**, Wedekind, B.G., Hall, D., Stradling, R. and Wilson, G. (2001). SAE Technical Paper.

[6]. **Burtscher, H.** (2001). Literature study on tailpipe particulate emission measurement for diesel engines. Report for Particle Measurement Programme, BUWAL/GRPE.

[7]. **Andreas, M.**, Markus, K., Jan, C. (2014).” Nanoparticle Counts Emissions of Trucks: EURO 3 with and without DPF Compared to EURO 4 and EURO 5”, Energy and Power 2014, 4(1A): 1-10
[8]. **Lemaire, J.**, Mustel, W., and Zelenka, P. (1994)."Fuel Additive Supported Particulate Trap Regeneration Possibilities by Engine Management System Measures," SAE Technical Paper 942069.
[9]. **Cooper, B J.**, Thoss, J E. (1996). Role of NO in Diesel Particulate Emission Control, SAE 890404.
[10]. **Heywood, J B**. "Internal Combustion Engine Fundamentals". (1988). McGraw-Hill, New York.
[11]. **Allansson, R.**, Maloney, C., Walker, A., and Warren, J. (2000) "Sulphate Production Over The CRT™: What Fuel Sulphur Level Is Required To Enable The EU 4 And EU 5 PM Standards To Be Met?" SAE Technical Paper 2000-01-1875.
[12]. **Mayer, A.**, Czerwinski, J., Bonsack, P., Karvonen, L. et al. (2011). "DPF Systems for High Sulfur Fuels," SAE Technical Paper 2011-01-0605.
[13]. **Liu, Z.H.**, Ge, Y.S., Tan, J.W., He, C., Shah, A.N., Ding, Y., et al. (2012). Impacts of continuously regenerating trap and particle oxidation catalyst on the NO 2 and particulate matter emissions emitted from diesel engine. J. Environ. Sci. 24 (4), 624–631.

ضمیمه : سوالات و ابهامات متداول در خصوص استفاده از فیلتر جاذب دوده

سوال ۱) اثرات منفی فیلتر دوده بر عمر مفید موتور چیست ؟

اثرات منفی فیلترهای جاذب دوده بر روی عمر مفید موتور را می‌توان از سه منظر مورد بررسی قرار داد.

الف) افزایش فشار برگشتی: نتایج آزمایشگاهی نشان می‌دهند که فشار برگشتی ایجاد شده به ازای استفاده از یک فیلتر تمیز تنها ۱/۱ برابر مقدار ایجاد شده توسط یک صدا خفه‌کن می‌باشد. با جذب ذرات معلق فشار برگشتی بالا رفته ولی این افزایش همیشگی نیست و بعد از شروع فرآیند احیاء (سوزاندن ذرات معلق جذب شده توسط فیلتر)، دوباره کاهش می‌یابد. با توجه به گستردگی فیلترهای موجود در بازار می‌توان با انتخاب فیلتر مناسب (بر اساس حداکثر میزان مجاز فشار برگشتی برای موتور، نوع فرآیند احیاء فیلتر و شرایط کاری موتور) خطرات موجود برای موتور ناشی از افزایش فشار برگشتی را به صفر رساند.

ب) افزایش دمای گازهای خروجی از اگزوز: دمای متوسط گازهای خروجی از موتور وسایل نقلیه‌ی دیزلی با توجه به شرایط کاری، ۲۰۰ الی ۳۰۰ درجه سانتی‌گراد است. لازم به ذکر است که افزایش دمای متوسط گازهای خروجی به واسطه نصب فیلتر

جاذب دوده حداکثر تا۳۰ درجه سانتی‌گراد می‌باشد و از آنجایی که فیلترها همراه با پوشش‌های عایق حرارتی نصب می‌گردند، این مقدار افزایش نمی‌تواند خطری برای عمر کاری موتور و سایر تجهیزات پیرامون فیلتر به شمار رود.

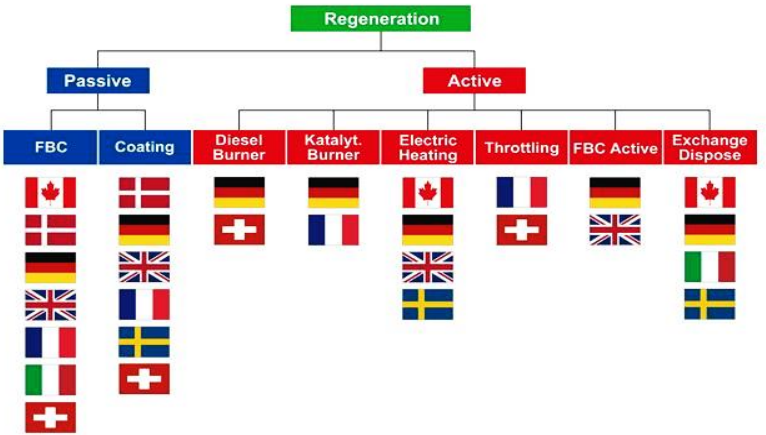
ج) افزایش مصرف سوخت: افزایش مصرف سوخت ناشی از افزایش فشار برگشتی می‌باشد، لذا می‌توان با انتخاب فیلتر مناسب، افزایش فشار برگشتی را کنترل و به تبع آن افزایش مصرف سوخت را به حداقل رساند. افزایش معمول برای مصرف سوخت تا حداکثر ۳ درصد در نظر گرفته می‌شود.

در حالت کلی می‌توان ادعا نمود که با انتخاب فیلتری مناسب بر اساس وسیله نقلیه مورد نظر و شرایط کاری آن، فیلتر تاثیر محسوسی (چه مثبت چه منفی) بر طول عمر موتور نخواهد داشت.

سوال ۲) آیا فیلتردوده در کشورهایی با شرایط مشابه زیست محیطی، اجتماعی و اقتصادی ایران نصب شده است ؟

فیلتر ذرات دیزل در کشورهای اروپای شرقی که از نظر اقلیمی، صنعتی و اقتصادی مشابه با ایران می‌باشند مورد استفاده قرار می‌گیرند. لهستان، اکراین، صربستان، بلاروس، بلغارستان و مجارستان از کشورهایی هستند که در آنها خودروهای سنگین باید مجهز به فیلتر جاذب ذرات باشند. اساسا در کشورهای حوزه اتحادیه اروپا استفاده از فیلترها و کاتالیست‌ها برای کاهش آلایندگی

خودروها اجباری است. درکشورهای جنوب قاره آفریقا نظیر آفریقای جنوبی، موزامبیک، اوگاندا، نامیبیا و زامبیا نیز این فیلترها برای خودروهای سنگین مورد استفاده قرار می گیرند. از بین کشورهای خاورمیانه استفاده از این فیلترها برای خودروهای حمل و نقل شهری برای کشورهای ترکیه، مصر و عربستان سعودی اجباری است. در کشورهای حاشیه خلیج فارس نیز به دلیل استفاده از خودروهای مدرن تقریبا تمامی وسایل نقلیه سنگین مجهز به این فیلترها و کاتالیست های کاهش اکسیدهای هیدروژن می‌باشند.



شکل ۱۹. گستردگی استفاده از فیلترهای جاذب دوده در کشورهای مختلف دنیا

سوال ۳) عمر مفید فیلترهای دوده چقدر است و پس از چه مدت می بایستی تعویض شود ؟

عمر فیلترهای جاذب دوده ارتباط زیادی به شرایط کارکردی فیلتر و بحث تعمیر و نگهداری (موتور و فیلتر) دارد و در صورت انتخاب فیلتر مناسب و تعمیر و نگهداری مناسب، عمر کاری آنها می‌تواند به اندازه‌ی عمر مفید موتور وسیله‌ی نقلیه نیز باشد. به عبارت دیگر فیلتر جاذب دوده یک قطعه مصرفی با عمر مفید محدود نیست و پس از نصب بر روی وسیله نقلیه تا پایان عمر کاری موتور استفاده خواهد شد. لازم به ذکر است که اکثر شرکت‌های سازنده حداقل به مدت ۲ سال یا کارکرد ۲۰۰ هزار کیلومتر محصولات خود را گارانتی می‌نمایند.

سوال ۴) اثر فیلتردوده بر روی گازهای خروجی از موتور چیست ؟

فیلترهای جاذب دوده بر اساس نحوه‌ی احیاء به دو گروه اصلی احیاء فعال و احیاء غیرفعال تقسیم‌بندی می‌شوند. فیلترهای احیاء فعال و احیاء غیرفعال به جز فیلترهای احیاء پیوسته، تاثیر چشمگیری بر روی میزان NO_x خروجی از موتور نداشته و بسته به شرایط کارکردی موتور می‌توانند سبب افزایش و یا کاهش گازهای HC و CO شوند. ولی در حالت کلی می‌توان با انتخاب فیلتر با استانداردهای بالا از افزایش نیافتن گازهای سمی اطمینان حاصل نمود.

فیلترهای احیاء پیوسته با توجه به دارا بودن کاتالیست، سبب کاهش آلاینده‌های CO، HC و از طرفی افزایش NO_2 و ذرات سولفات می‌گردد. از آنجایی که این نوع فیلتر نیاز به استفاده از سوخت دیزل با سطح گوگرد بسیار ناچیز دارند(ULSD) از این‌رو در حال حاضر امکان استفاده از این نوع فیلترها در ایران نیست.

سوال ۵) محدودیت های فیلترها در مواجهه با سوخت های متنوع چیست ؟

فیلترهای احیاء فعال و همچنین احیاء غیرفعال بوسیله افزودنی‌های کاتالیستی به سوخت، نسبت به سطح گوگرد حساسیت نداشته و استفاده از آنها در شرایط استفاده از سوخت با گوگرد بالا ممکن می‌باشد. فیلترهای احیاء پیوسته بدون افزودنی حساسیت با لایی به سطح گوگرد سوخت خواهند داشت و در صورت استفاده از این نوع فیلتر ها می بایستی نظارت مستمری بر میزان سطح گوگرد سوخت داشته باشیم.

سوال ۶) چرا به جای استفاده از فیلتر دوده ، خودروهای با سطح آلایندگی یورو ۶ تهیه نکنیم ؟

این مورد را می‌توان از چند منظر مورد بررسی قرار داد:

- عدم در دسترس بودن سوخت دیزل مورد نیاز برای استفاده در خودروهای یورو ۶ در کشور
- عدم فراهم بودن زیر ساخت‌های لازم همچون مراکز مجهز و متخصصین آشنا با تکنولوژی‌های فناوری بالا برای تعمیر و نگهداری از خودروهای یورو ۶ در کشور
- عدم امکان جایگزین کردن ناوگان در حال تردد با خودرو های جدید و یورو ۶ .(تقریبا غیر ممکن و بسیار هزینه بر)
- وضع بسیار خطرناک هوای شهرهای بزرگ کشور و نیاز به اقداماتی فوری.

فیلتر جاذب دوده

راهی موثر برای کاهش ذرات معلق

ASA
AZMOON SANAT ARVIN

Azmoon Sanat Arvin co (ASA)
Suite 3 | No. 25 | Nahal Alley | Koodak Square | Kashani Blvd |
Tehran – Iran | Postal Code 1474613714
Phone : (+9821) 44360051-2 | **Fax** (+9821) 44360053

شرکت آزمون صنعت آروین
تهران ـ خیابان آیت ا.. کاشانی ، خ کانون ، میدان کودک ، کوچه نهال ، پلاک ۲۵ ، واحد ۳
تلفن : ٤٤٣٦٠٠٥١ ، ٤٤٣٦٠٠٥٢ فکس: ٤٤٣٦٠٠٥٣

www.ASArvin.com | Info@asarvin.com