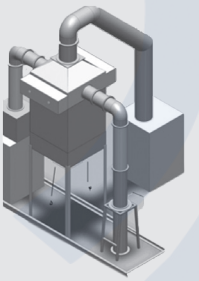
ماهنامه تهویه و تاسیسات
شماره ۱۳۸ - آذر ۹۴
www.hvacmag.ir

تصفیه هوا بر پایه تکنولوژی پلاسمای غیر حرارتی



نویسندگان:
سمیرا عامری[۱]، نرگس صادق بیگی[۲]، مرتضی رضوی[۳]

۱- کارشناس ارشد، جهاد دانشگاهی واحد علم و صنعت
۲- کارشناس ارشد، هاد دانشگاهی علم و صنعت
۳- هیأت علمی، جهاد دانشگاهی واحد علم و صنع

مطالعه مطالب بیشتر در کانال صنعت تهویه و تاسیسات
https://telegram.me/hvacmag

www.takban.com
تکبان کنترل انرژی
TAKBAN
بنیانگذار و تنها تولیدکننده بیش از چهل نوع ترموستات حرارتی - شیرهای ترموستاتیک رادیاتور و گازی در ایران
شرکت فراسرد
www.farasardco.com

ACS Air Conditioning Systems
دیاکو نوید صنعت- نماینده انحصاری شرکت ACS در ایران
هواسازهایژنیک -پکیج هواساز هایژنیک بیمارستانی www.acsklima.ir

چکیده

از آغاز انقلاب صنعتی تغییرات مداوم و پیوسته‌ای در ترکیب جو اتفاق افتاده است که این تغییرات اساساً به دلیل به کار بردن سوخت‌های فسیلی است که برای تولید انرژی و حمل و نقل مورد استفاده قرار گرفته‌اند. به همین سبب امروزه مسئله آلودگی هوا تبدیل به یکی از جدی‌ترین مسائل در کشورهای توسعه یافته و در حال توسعه شده است که می‌تواند بر سلامتی انسان‌ها تأثیر منفی بگذارد. بنابراین متخصصان و مسئولان همواره به دنبال بهترین راهکار جهت کاهش آلودگی هوا و عوارض ناشی از آن بوده‌اند. در سال‌های اخیر، به کارگیری و ارتقای تکنولوژی پلاسمای غیر حرارتی به منظور تصفیه هوا در سراسر دنیا در حال گسترش می‌باشد به‌گونه‌ای که می‌توان تصفیه هوا بر اساس پلاسمای غیر حرارتی را به عنوان نسل جدید تصفیه‌کننده هوا مطرح کرد. در تحقیق حاضر، در ابتدا اصول اولیه پلاسمای غیر حرارتی و تکنیک کرونا و به کارگیری آن در تصفیه هوای آلوده و نیز عملکرد آن در برابر آلاینده‌های مختلف توضیح داده می‌شود و سپس نمونه‌ای از فیلتر پلاسما که مدلسازی شده است و به منظور کاهش آلاینده‌های مختلف به کار برده می‌شود معرفی خواهد شد. به‌علاوه، قابلیت‌های کاربرد فیلتر طراحی شده بیان می‌شود و نهایتاً مزایای به کارگیری تکنولوژی پلاسمای غیر حرارتی نسبت به سایر روش‌های موجود در تصفیه هوا نشان داده خواهد شد.

کلمات کلیدی: پلاسمای غیر حرارتی، فیلتر پلاسما، تصفیه هوا، کرونا، آلودگی هوا

جدول ۱: منابع معمول آلاینده اتمسفر و نوع آلاینده‌های تولیدکننده

طبقه‌بندی	منبع آلاینده	آلاینده‌های گسیل‌دهنده
کشاورزی	احتراق در فضای باز	ذرات ریز معلق ، مونوکسیدکربن، ترکیبات آلی فرار
استخراج و معدنکاری	استخراج زغال سنگ، تولید گاز و نفت خام، استخراج سنگ	ذرات ریز معلق ، دی اکسید سولفور، اکسیدهای نیتروژن، ترکیبات آلی فرار
تولید نیرو	برق، گاز، بخار	ذرات ریز معلق ، دی اکسید سولفور، اکسیدهای نیتروژن، مونوکسید کربن، ترکیبات آلی فرار، تری اکسید سولفور، سرب
حمل ونقل	موتورهای احتراق	ذرات ریز معلق ، دی اکسید سولفور، اکسیدهای نیتروژن، مونوکسید کربن، ترکیبات
خدمات اجتماعی	زباله سوزهای شهری	ذرات ریز معلق ، دی اکسید سولفور، اکسیدهای نیتروژن، ترکیبات آلی فرار، سرب

www.untes.com
UNTES HEATING VENTILATING AIR CONDITIONING
سـر تاسـر تهـویه‌مطبـوع
SEDNA سدنا www.sednaind.com
مدیریت هوشمند انرژی / ترموستات انواع فن کوئل، داکت اسپیلت و گرمایش کفی

۱- مقدمه

در پیرامون محیط‌زیست انسان‌ها آلاینده‌های مختلفی همچون اکسیدهای نیتروژن و سولفور، مونوکسید کربن، ازن، ترکیبات آلی فرار، ذرات معلق ریز و ... وجود دارند که اصولاً در اثر سوخت مورد استفاده برای گرمایش فضا، تولید انرژی یا تردد وسایل نقلیه موتوری و غیره به طور مستقیم و یا در اثر واکنش‌های متعاقب بعدی حاصل می‌شوند. این آلاینده‌ها نه تنها در مجاورت منبع تولید کننده آنها وجود دارند بلکه در اثر انتشار به فواصل دورتر می‌توانند در گستره فضایی بیشتری ایجاد مشکل کنند. بنابراین کیفیت هوا نه تنها در محیط‌های پیرامونی بلکه در محیط‌های بسته نیز به عنوان یک مسئله جدی مطرح است. آلاینده‌های مختلف سبب پیدایش عوارض متفاوتی بر سلامتی انسان‌ها می‌شوند به عنوان مثال دی اکسید نیتروژن و دی اکسید سولفور بر ریه‌ها تأثیر گذارند و سبب افزایش علائم بیماری‌های ریوی می‌شوند. ازن نیز علاوه بر ایجاد بیماری‌های ریوی سبب کاهش مقاومت بدن در برابر سرماخوردگی و ذات الریه می‌شود. مونوکسیدکربن مانع از رسیدن اکسیژن به خون می‌شود که این مسئله خود منجر به کاهش چشمگیر اکسیژن رسانی به قلب شده و به ویژه در افرادی که از بیماری‌های قلبی رنج می‌برند خطرناک است. ذرات معلق ریز بر عمق ریه‌ها نفوذ کرده و سبب التهاب و وخیم‌تر شدن بیماری‌های قلبی و ریوی می‌شوند. فرمالدئید سبب التهاب و سوزش چشم‌ها و بینی و نیز ایجاد آلرژی در برخی از افراد می‌شود. ترکیبات آلی فرار[1] باعث پیدایش عارضه در چشم، بینی و گلو شده و در موارد جدی‌تر ایجاد سردرد و حالت

1- Volatile Organic Compound (VOCs)

www.takban.com
TAKBAN
بنیانگذار و تنها تولیدکننده بیش از چهل نوع ترموستات حرارتی - شیرهای ترموستاتیک رادیاتور و گازی در ایران
شرکت فراسرد
www.farasardco.com

ACS Air Conditioning Systems
دیاکو نوید صنعت- نماینده انحصاری شرکت ACS در ایران
هواسازهایژنیک -پکیج هواساز هایژنیک بیمارستانی www.acsklima.ir

تهوع می‌کننـــد همچنین در صـــورت قرارگیری طولانی‌مـــدت در معرض این ترکیبات کبد و برخی دیگر از ارگان‌های بدن آسیب خواهند دید [۱].

از طرف دیگر، شناخت منابع تولیدکننده این آلاینده‌ها حائز اهمیت می‌باشد که این منابع در جدول ۱ آورده شـــده اند. با توجه به آنچه در این جدول آورده شده است لزوم به کارگیری تکنیک‌های مناسب جهت تصفیه هوای آلوده انتشار یافته از صنایع و سایر مکانهای دارای منبع تولیدکننده آلایندگی آشکار می‌شود.

امـــروزه یکـــی از روش‌های نوین فیلتراســـیون جهت تصفیه هـــوای آلوده تکنولوژی پلاســـمای غیرحرارتی[۲] می‌باشـــد که می‌تواند به طور همزمان سبب کاهش و یا حذف رنج وسیعی از آلاینده‌های مختلف از باکتری‌ها و ویروس‌ها تا اکســـیدهای نیتروژن و سولفور، مونوکسید کربن، ذرات ریز معلق، ترکیبات آلی فرار و بوها شود. این تکنولوژی از دهه ۹۰ میلادی شروع به گسترش کرده است و تصفیه‌کننده‌هایـــی با بهره گیری از این تکنولوژی در حوزه‌های صنعتی و غیر صنعتی در کشورهای مختلف دنیا مورد استفاده قرار گرفته‌اند.

2- Non thermal plasma

www.untes.com
UNTES HEATING VENTILATING AIR CONDITIONING
سـر تاسـر تهـویه‌مطبـوع
SEDNA سدنا www.sednaind.com
مدیـریت هـوشمند انـرژی / ترموستات انواع فن کوئل، داکت اسپیلت و گرمایش کفی

ماهنامه تهویه و تاسیسات
شماره ۱۳۸ - آذر ۹۴
www.hvacmag.ir

۲- روش تحقیق

۲-۱- اصول اولیه پلاسمای غیر حرارتی

پلاسما که به آن حالت چهارم ماده هم اطلاق می‌شود در حقیقت گاز یونیزه شده و شبه خنثایی است که از ترکیب گازی از ذرات باردار (الکترون‌های آزاد، یون‌ها) و گونه‌های فعال خنثایی همچون مولکول‌های گاز، رادیکال‌های آزاد، فوتون‌های VU و ذرات شـــبه پایدار تشکیل شده است که رفتار جمعی از خود ارائه می‌دهند. پلاسما دارای دو حالت کلی است: تعادلی و غیر تعادلی.

حالت تعادلی نشـــان می‌دهد که دمای الکترون‌ها، یون‌ها و ذرات خنثی تقریباً برابر هســـتند و دمـــای گاز زمینه از چند هزار درجه کلوین تا بیش از ده هزار درجه کلوین افزایش می‌یابد. به همین دلیل، پلاســـمایی که دارای حالت تعادلی اســـت تحت عنوان «پلاسمای حرارتی» نامیده می‌شود. از طرف دیگر، حالت غیر تعادلی بدان معناست که دمای الکترون‌ها، یون‌ها و ذرات خنثی کاملاً متفاوت اســـت و در حالت کلی دمای الکترونی به طور قابل ملاحظه‌ای بالاتر از دیگر ذرات است. بنابراین، در حالت پلاسمای غیر تعادلی افزایش دمای گاز زمینه نسبتاً کم است و این پلاسما با عنوان «پلاسمای غیرحرارتی» شناخته می‌شود ولی به طور کلی انواع پلاسمای غیر تعادلی عبارتند از:

۱- پلاسمای سرد، که فرایند پلاسما در فشار پایین می باشد همانند تولید نیمه هادی.

۲- پلاســـمای غیر حرارتی، که غالباً به پلاسمای غیر تعادلی فشار بالا (معمولاً فشار ۱ اتمسفر) ارجاع داده می‌شود.

در پلاســـمای غیر حرارتی، اکثر انرژی تخلیه صرف تولید الکترون‌های پرانرژی می‌شود تا اینکه صرف حرارت دیدن یون‌ها و ذرات خنثی شود. این انرژی در پلاسما ترجیحاً صرف برخورد الکترونی، یونیزاسیون و تفکیک گاز زمینه برای تولید رادیکال‌های مختلف می‌شود. در به کارگیری از تکنولوژی پلاســـمای غیر حرارتی در تصفیه هوا، این رادیکال‌ها می‌توانند مولکول‌های گازهای آلاینده را دچار دی کامپوزیشن کنند. به طور خلاصه، پلاسمای غیر حرارتی می‌تواند مولکول‌های سمی را در دمایی نزدیک به دمای محیط بدون آنکه انرژی زیادی صرف بالا رفتن دمای گاز زمینه شود برطرف نماید.

www.takban.com
TAKBAN تکبان کنترل انرژی
بنیانگذار و تنها تولیدکننده بیش از چهل نوع ترموستات حرارتی - شیرهای ترموستاتیک رادیاتور و گازی در ایران
شرکت فراسرد
www.farasardco.com

ACS Air Conditioning Systems
دیاکو نوید صنعت- نماینده انحصاری شرکت ACS در ایران
هواسازهایژنیک -پکیج هواساز هایژنیک بیمارستانی www.acsklima.ir

در مقایسه با پلاسمای سرد، دمای الکترونی و سرعت یونیزاسیون در پلاسمای غیرحرارتی نسبتاً پایین‌تر است. معمولاً، دمای الکترونی پلاسمای سرد ده‌ها الکترون ولت است، درحالی‌که در فشار اتمسفری، دمای الکترونی بین ۱ تا ۱۰ الکترون ولت و سرعت یونیزاسیون در حدود ۰/۱ درصد می‌باشد. قابل ذکر است که تصفیه گاز در فشار اتمسفری انجام می‌گیرد زیرا چگالی الکترونی و مولکولی در مقایسه با حالت فشار پایین به شدت بالاتر است. از طرف دیگر، اگر تصفیه گاز در فشار پایین انجام گیرد تعداد مطلق مولکول کم است. این بدان معناست که تعداد زیادی الکترون پر انرژی که دارای انرژی بیش از انرژی تفکیک مولکول‌های هدف هستند مورد نیاز است تا رادیکال‌های بیشتری تولید شود و نتیجتاً مولکول‌های آلاینده بیشتری دچار دی کامپوزیشن شوند. بنابراین میزان انرژی الکترونی مورد نیاز برای کنترل آلودگی هوا تقریباً ۱۰ ev است [۲].

به منظور حذف آلاینده‌های خطرناک پلاسمای غیر حرارتی می‌تواند از طریق روش باریکه الکترونی[۳] و روش‌های متعدد تخلیه الکتریکی تولید شود. در اینجا به توصیف تکنیک کرونا که از جمله روش‌های تخلیه الکتریکی است پرداخته می‌شود.

۲-۲- عملکرد پلاسمای غیر حرارتی در زمینه تصفیه هوا

معمولاً هوا غنی از رطوبت، گرد و غبار، ترکیبات فرار مانند بو، باکتری‌ها، ویروس‌ها و قارچ‌ها است و با توجه به حضور منابع نشر آلاینده‌های مختلف می‌تواند حاوی NOx، Sox، CO و ... باشد. رادیکال‌ها و دیگر گونه‌های فعال (مانند یون‌ها) در پلاسمای غیر حرارتی می‌توانند با ذرات و مولکول‌های آلاینده برهمکنش دهند. به‌علاوه، به دلیل وجود یون‌ها ذرات ریز می‌توانند باردار شوند و سپس به طور الکتریکی از جریان گاز آلوده فیلتر شوند. زمانی که هوا از میدان پلاسمای غیر حرارتی می‌گذرد ذرات قطبی و ذرات شیمیایی فعال تولید می‌شوند که در میان آنها H^+، HO^-، و رادیکال اکسیژن دارای فراوانی بیشتری هستند که از فعال‌ترین عناصر به حساب می‌آیند. پلاسمای غیر حرارتی دارای حداقل چهار تأثیر بر روی هوا می‌باشد: (۱) قطبی کردن ذرات، (۲) کاتالیز برهمکنش‌هایی که معمولاً به سادگی در

www.untes.com
UNTES HEATING VENTILATING AIR CONDITIONING
سر تا سر تهویه مطبوع
SEDNA سدنا www.sednaind.com
مدیریت هوشمند انرژی / ترموستات انواع فن کوئل، داکت اسپیلت و گرمایش کفی

شـــرایط محیطی امکان‌پذیر نیستند، (۳) استریل کردن در مقابل باکتری‌ها و ویروس‌ها و (۴) تغییر ساختار مولکول‌ها.

بنابراین هوای خروجی از راکتور پلاسمای غیر حرارتی هوای با کیفیتی نســبت به هوای ورودی است در حالیکه جرم ضرورتاً ثابت باقی می‌ماند. لازم به ذکر اســت که پلاسمای غیر حرارتی گزینشـــی عمل نمی‌کند. این عبارت به این معناست که بر روی تمام مولکول‌های موجــود در هوا عمل می‌کند. البته عملکردها بر روی مولکول‌های مختلف و گرد و غبار متفاوت می‌باشـــد. بعد از انجام تصفیه توسط پلاسمای غیر حرارتی ممکن است میزان کاهش در مولکول‌های گوناگون یا گرد و غبار متفاوت باشـــد در برخی بازده بالای حذف حاصل شود و در برخی دیگر بازده کمتر به دســـت آید که این مسئله به عوامل مختلفی از جمله ترکیب گاز ورودی و قدرت پیوندهای شیمیایی و فراوانی یک ترکیب در مقایسه با ترکیب دیگر بستگی دارد.

۲-۳-تصفیه هوا با استفاده از شیوه کرون ا

تخلیه کرونا از طریق اعمال میدان الکتریکی قوی به ساختار الکترودی مانند نقطه-به-صفحه، ســـیم-به-صفحه یا سیم-به-اســـتوانه، به دست می‌آید بنابراین تخلیه کرونا از طریق وضعیت غیر یکنواخت میدان الکتریکی متمایز می‌شـــود. غیر یکنواخت بودن فواصل تخلیه‌ها شکست را در ولتاژهای پایین‌تر با پذیرفتن جریان کمتر امکان‌پذیر می‌کند. فاصله الکترودها می‌تواند تا چند ســـانتی‌متر تنظیم شـــود که برای کاربرد در ابعاد بزرگ مطلوب است و افت فشار را نیز کمینه می‌کند.

از لحاظ ماکروســـکوپیک، می‌توان پلاســـمای ایجاد شده را به صورت کانال‌هایی با عنوان اســـتریمر توصیف کرد (شکل ۱).

www.takban.com
تکبان کنترل انرژی
TAKBAN CONTROL ENERGY
بنیانگذار و تنها تولیدکننده بیش از چهل نوع ترموستات حرارتی - شیرهای ترموستاتیک رادیاتور و گازی در ایران
شرکت فراسرد
www.farasardco.com

ACS Air Conditioning Systems
دیاکو نوید صنعت- نماینده انحصاری شرکت ACS در ایران
هواسازهایژنیک -پکیج هواساز هایژنیک بیمارستانی www.acsklima.ir

در حقیقت زمانی که ولتاژ اعمالی به الکترود فعال از حد ولتاژ شکست فراتر رود پلاسمای غیر حرارتی تشکیل می‌شود و در نزدیکی این الکترود کانال‌هایی ایجاد می‌شوند که به آنها استریمر گفته می‌شود. به بیان دیگر، با فرارتر رفتن میدان الکتریکی از حد آغازین شکل گیری استریمر الکترون‌های آزاد تشکیل شده و اگر ضریب یونیزاسیون خالص مثبت باشد بهمن الکترونی به وجود می‌آید و در صورت برابری میدان الکتریکی اعمالی و میدان الکتریکی القایی استریمر تولید خواهد شد. استریمر اولیه خود به چندین شاخه تقسیم می‌شود و در واقع تعداد زیادی استریمر موازی تقریباً به طور همزمان از الکترود فعال به سمت الکترود زمین حرکت می‌کنند. به قسمت جلویی استریمر که در انتشار آن پیشرو است استریمرهد نام دارد. شدت میدان الکتریکی در جلوی استریمرهد باید به اندازه کافی بزرگ باشد تا ضریب یونیزاسیون خالص را تضمین کند بنابراین این قسمت پلاسمای به شدت یونیزه ای با چگالی بار بسیار بالا است و به عنوان منطقه فعال در نظر گرفته می‌شود [۳] (شکل ۲).

۲-۴- عملکرد پلاسمای غیر حرارتی در برابر آلاینده‌ها

همان‌گونه که در بخش‌های قبلی اشاره شد پلاسمای ایجاد شده می‌تواند بر مولکول‌های گازهای آلاینده تأثیر گذاشته و ساختار مولکولی آنها را تغییر دهد. البته واکنش‌هایی که در راکتور پلاسما رخ می‌دهند همیشه یکسان نیست بلکه با توجه به ترکیب گاز ورودی و شرایط دیگر ممکن است برهمکنش‌های متفاوتی داشته باشد.

در ادامه این بخش به برخی از واکنش‌هایی

www.untes.com
UNTES HEATING VENTILATING AIR CONDITIONING
سر تا سر تهویه مطبوع
SEDNA سدنا www.sednaind.com
مدیریت هوشمند انرژی / ترموستات انواع فن کوئل، داکت اسپیلت و گرمایش کفی

که سبب حذف بعضی از آلاینده‌ها می‌شوند اشاره می‌شود.

اکسیدهای نیتروژن (NOX) [۵]:

$N_2+e \quad N+N+e$

$NO+N \quad N_2+O$

$O_2+O \quad O_3$

$NO_2+O_3 \quad NO_3+O_2$

$O_3+NO \quad NO_2+O_2$

$NO_3+NO_2 \quad N_2O5$

$O_3+2NO_2 \quad N_2O_5+O_2$

ذرات ریـــز معلق: ایـــن ذرات بـــه دلیل وجـــود ازن و رادیکال‌های اکســـیژن در راکتور پلاسما که اکسیدان‌های قوی محســـوب می‌شوند دچار شکست ساختار شده و به عنوان نمونه می‌توانند تبدیل به CO و CO_2 شوند.

بوهای نامطبوع: بوها در تماس با یون های اکســـیژن فعال تولید شده خنثی می شوند.

باکتری‌ها و ویروس‌ها: غشـــاء آنها در اثر پلاسمای تولید شده تخریب شده و بدین ترتیب مانع از افزایش آنها می‌شود.

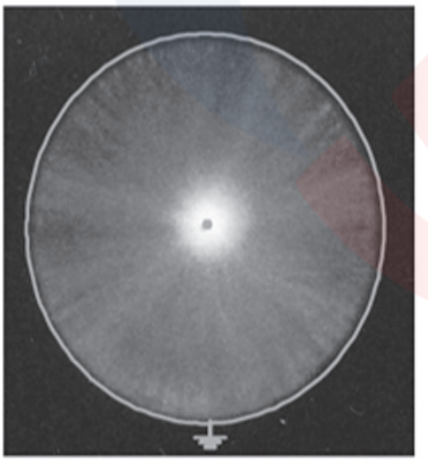
ترکیبات آلی فرار: ســـاختار مولکولی آنها شکسته شده و غالباً به آب (H_2O) و دی اکسید کربن (CO_2) تبدیل می‌شوند.

مونوکسید کربن:

$2CO_2 \quad O_2+OC_2$

۳- فیلتر پلاسمای غیر حرارتی

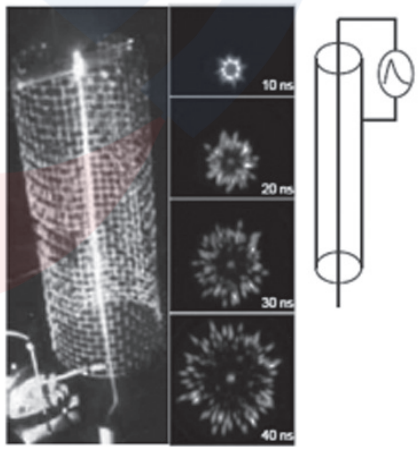
در مدل ارائه شـــده در این بخش، راکتور پلاسمایی معرفی می‌شود که دارای ســـاختار الکترودی سیم-به-استوانه است. در یک محفظه مکعبی ۱۶ عدد راکتور پلاسمای غیر حرارتی وجود دارد که طول استوانه‌ها ۱ میلی‌متر، قطر آنها ۱۶ میلی‌متر و قطر الکترودهای فعال ۳ میلی‌متر اســـت که در محور استوانه‌ها واقع شـــده‌اند (شـــکل ۳). این راکتور از طریق یک سیستم الکتریکی



شـــکل ۱:**a**) تصویری از تخلیه یک استریمر پالســـی مثبت که از جهت محور در یک الکترود هم محور گرفته شده است [۴]،

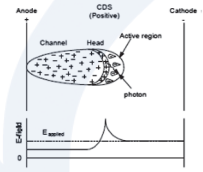
www.takban.com
TAKBAN
بنیانگذار و تنها تولیدکننده بیش از چهل نوع ترموستات حرارتی- شیرهای ترموستاتیک رادیاتور و گازی در ایران
شرکت فراسرد
www.farasardco.com

ACS Air Conditioning Systems
دیاکو نوید صنعت- نماینده انحصاری شرکت **ACS** در ایران
هـواسـازهایژنیـک -پکیج هـواسـاز هایژنیک بیمارستانی www.acsklima.ir

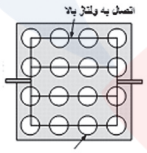


b) تصویری از تخلیه کرونای ایجاد شـده با سـاختار الکترودی سیم-به-استوانه و اعمال پالس‌های الکتریکی ولتاژ بالا [۳]

ولتاژ بالای پالسـی با طول پالس‌های بسـیار کوتاه تغذیه می‌شود. همچنیـن می‌توان از یک بایـاس CD ولتاژ بالا نیز علاوه بر بخش پالسـی ولتاژ بالا اسـتفاده نمود که این کار سبب می‌شود تا انرژی تخلیه شـده در هر پالس به راکتور پلاسما افزایش یابد و به عبارتی بازده سیسـتم ارتقاء یابد و از طـرف دیگر در فواصل بین هر پالس خاصیت فیلتر الکتروسـتاتیک همواره فعال اسـت که این موضوع سبب می‌شود تا این فیلتر به طور کارامد بر ذرات ریز معلق اثر کند و آنها را کاهش دهد. با ورود هوا از قسـمت پایین سیسـتم و ورود آن به راکتور پلاسما و متعاقباً انجام واکنش‌های شیمیایی آلاینده‌ها مختلـف کاهش و یا حذف خواهند شـد. شـکل ۴ نشـان‌دهنده مدلسازی انجام شده از فیلتر پلاسما است.



شکل ۲: اسـتریمر جهت یافته به سمت کاتود. در زیر تصویر استریمر میدان الکتریکی کل ترسیم شده است [۳]



شکل ۳: تصویر شماتیک از راکتور پلاسما

این فیلتـر می‌تواند در مقیاس صنعتی بـه منظور کنترل بو و نیز کاهش آلایندگی‌هایی همچون ترکیبات آلی فرار، اکسـیدهای نیتروژن و سولفور مورد استفاده قرار گیرد. بنابراین می‌تواند با بازده بسـیار بالا در صنایعی چون تولید روغن نباتی، تولید خوراک طیور و دام، کارخانه‌های لاستیک‌سازی، صنعت چرم، زباله‌سوزی و غیره جهت کنترل بو، در نیروگاه‌های برق به منظور کاهش اکسـیدهای نیتروژن و سـولفور، در تصفیه هوای اتاق تمیز[۴] برای تصفیه هوای ورودی از آلاینده‌های مختلف، در کارخانه ذوب فلزات به منظور

4- Clean room

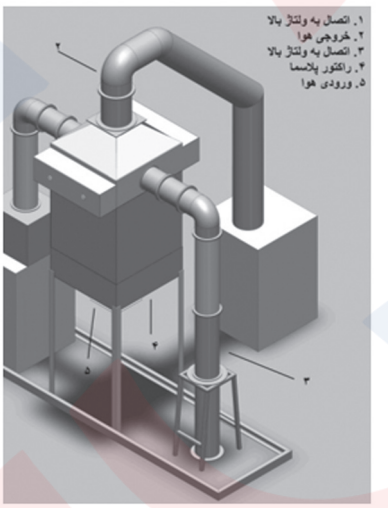
www.untes.com
UNTES HEATING VENTILATING AIR CONDITIONING
سـر تاسـر تهـویه‌مطبـوع
SEDNA سدنا www.sednaind.com
مدیـریت هـوشمند انـرژی / ترموستات انواع فن کوئل، داکت اسپیلت و گرمایش کفی

کاهش اکسیدهای نیتروژن و سولفور، ذرات ریز معلق، ترکیبات آلی فرار، مونوکسید کربن و سایر صنایع مورد استفاده قرار گیرد.

۴- مزایای فیلتر پلاســـمای غیـــر حرارتی در تصفیه هوا

تصفیه و حذف آلاینده‌ها در فن آوری راکتور پلاسما در شرایط اتمســـفریک و غیر حرارتی به عنوان روش پیشنهادی در امر تصفیه هوا می‌تواند دارای مزایای زیر باشد:

- شـــیوه‌ای مؤثر و مقرون به صرفه از لحاظ حذف آلاینده‌ها و انرژی
- حذف همزمان آلاینده‌های مختلف
- حذف/ تخریب آلاینده‌های خطرناک همچون مونوکســـید کربن، اکســـیدهای نیتروژن و سولفور، ترکیبات آلی فرار، گرد وغبار، بوها و ...
- به حداقل رساندن موادی که سبب ایجاد خطر برای ســـلامتی انسان می شود (گرده‌ها، ویروس‌ها، جرم‌هـــا، گرد و غبار خانگی)
- انعطاف‌پذیـــری ویـــژه در تصفیه و تقلیل آلاینده‌های فرعی به طور هم زمان
- سادگی در فرایند تصفیه
- سایز کوچک
- پاییـــن بودن هزینه هـــای طراحی، ساخت و نگهداری
- نصب آسان و نیاز به نگهداری و مراقبت پایین
- کاربرد وســـیع از مصارف خانگی تـــا مصارف صنعتی (صنایع غذایی، نســـاجی، کارخانجات ذوب فلزات، فیلتراســـیون موتورهای دیزلی و ...)



شکل ۴: مدلسازی انجام شده از فیلتر پلاسمای غیر حرارتی

بـــا توجه به موارد فوق، مشـــخص اســـت که فیلتر پلاســـمای غیر حرارتی دارای مزایایی نســـبت به ســـایر فیلترهای موجود در حوزه تصفیه هوا می‌باشـــد به عنوان مثال در مقایســـه با فیلترهای الکتروســـتاتیک می‌توان به این موارد اشـــاره کرد کـــه فیلترهای الکتروستاتیک تنها برای حذف ذرات ریز معلق به کار برده می‌شوند

www.takban.com
TAKBAN
بنیانگذار و تنها تولیدکننده بیش از چهل نوع ترموستات حرارتی - شیرهای ترموستاتیک رادیاتور و گازی در ایران
شرکت فراسرد
www.farasardco.com

ACS Air Conditioning Systems
دیاکو نوید صنعت- نماینده انحصاری شرکت ACS در ایران
هواسازهایژنیک -پکیج هواساز هایژنیک بیمارستانی www.acsklima.ir

و با وجود بازده حذف بالا درای هزینه سنگین، سایز بزرگ و مشکلات مربوط به خدمات‌دهی و نصب هستند که این مسئله خود می‌تواند استفاده از این فیلترها را محدود کند.

البته این نکته حائز اهمیت است که به کارگیری فیلتر پلاسمای غیر حرارتی در کنار سایر تکنیک‌ها می‌تواند ارائه‌دهنده یک سیستم تصفیه هوای کامل‌تر و با بازده حذف بالاتر باشد.

۵- نتیجه‌گیری

تکنولوژی پلاسمای غیر حرارتی به عنوان شیوه‌ای نوین در امر تصفیه هوا مطرح می‌باشد که قابلیت‌هایی متعددی نسبت سایر تکنیک‌ها دارد. با توجه به توانایی حذف و یا کاهش همزمان آلاینده‌های مختلف و نیز ارتقاء سیستم به مقیاس‌های صنعتی، تصفیه هوا بر پایه پلاسمای غیر حرارتی می‌تواند کاربرد وسیعی از مصرف جهت محیط‌های بسته همانند مصارف خانگی، بیمارستانی و ... تا به کارگیری در مقیاس صنعتی جهت کاهش آلاینده‌های انتشار یافته از صنایع گوناگون داشته باشد. فیلتر پلاسمای مدلسازی شده در این تحقیق در مقیاس صنعتی طراحی شده است و بازده بسیار بالایی به منظور کنترل بو، ذرات ریز معلق و نیز آلاینده‌های گازی دیگر همچون اکسیدهای نیتروژن و سولفور، مونوکسیدکربن و غیره در صنایع مختلف با توجه به نوع آلاینده‌های تولید شده در آن صنعت خاص قابل کاربرد است و می‌تواند به عنوان شیوه‌ای نوین در کشور جهت تصفیه هوای آلوده به کار برده شود.

منابع

1- Kampa, Marilena, “Human health effects of air pollution”, the 4th international workshop on biomonitoring of atmospheric pollution, 2008

2- Matsumoto, Takao, “Non-Thermal Plasma Technique for Air Pollution Control”, Kumamoto University, Japan, 2012

3- Winands, G.J.J., “Efficient Streamer Plasma Generator”, Technische Universiteit Eindhoven, 2007

4- Wang,Douyan, “ Pulsed Discharge Plasma for Pollution Control”, Kumamoto University, Japan, 2010

5- Brandenburg, Ronny, “Plasma-Based Depollution of Exhausts: Principles, State of the Art and Future Prospects”, Leibniz Institute for plasma science and technology, Germany, 2011

www.untes.com
UNTES HEATING VENTILATING AIR CONDITIONING
سر تا سر تهویه مطبوع
SEDNA سدنا
www.sednaind.com
مدیریت هوشمند انرژی / ترموستات انواع فن کوئل، داکت اسپیلت و گرمایش کفی