طراحی و ساخت سیستم دینامیک تولید گاز و بخارات مواد شیمیایی

احمد نیک پی[۱] ، سیدباقر مرتضوی[۱] ، حسن اصیلیان[۱]، علی خوانین[۱]، عباس رضایی[۱]، اردلان سلیمانیان[۱]، حسین کاظمیان[۲]
۱ - دانشگاه تربیت مدرس ،گروه بهداشت حرفه ای و محیط، e-mail:nikpey_a@yahoo.com
۲- تهران،سازمان انرژی اتمی ایران،آزمایشگاه تحقیقاتی جابربن حیان

چکیده

بررسی اثرات حلالها و مواد شیمیایی بر انسان و محیط زیست و روشهای کنترلی آنها از موضوعات مهم به شمار می رود. پیش بینی اثرات مواد شیمیایی بر انسان ،عمدتا بر روی حیوانات آزمایشگاهی و بررسی روشهای کنترلی آنها در مقیاس آزمایشگاهی میز(Bench) و پایلوت(Pilot) صورت می گیردکه امکان کنترل شرایط آزمایشگاهی بهتری بویژه در زمینه غلظت سازی آلاینده ها را فراهم می آورد.

غلظت سازی آلاینده های مختلف شیمیایی عمدتا به روشهای استاتیک و دینامیک صورت می گیرد. با توجه به ماهیت دینامیک کار با حیوانات آزمایشگاهی و روشهای کنترلی آلاینده ها، روش غلظت سازی دینامیک از کاربرد بالایی برخوردار است.روشهای غلظت سازی موجود یا از راهبری مشکل و قابلیت اعتماد پایینی برخوردارند (ظروف رقیق سازی) و یا از هزینه های بالایی (دزینگ پمپ) برخوردارند.

بر این اساس در این تحقیق با توجه به مبانی اژکتور(Ejector) اقدام به طراحی و ساخت سیستم دینامیک جدیدی جهت بررسی اثرات مواجهه استنشاقی آلاینده های مختلف و روشهای کنترلی آنها توسط متخصصین رشته های بهداشت حرفه ای، سم شناسی، پزشکی،شیمی،مهندسی شیمی،شد.

کارایی سیستم غلظت سازی با استفاده از ماده شیمیایی MTBE به عنوان یک ماده با فراریت و قابلیت نفوذ بالا در اتصالات ،در غلظت ها و شرایط مختلف آزمایشگاهی در مدت ۹ ماه بررسی و صحت عملکرد سیستم به روش GC/FID تائید گردید.

کلمات کلیدی : *کالیبراسیون ، گاز ، سیستم دینامیک*

مقدمه

انجمن بهداشت صنعتی آمریکا،بهداشت حرفه ای را علم و هنر اندازه گیری،ارزشیابی و کنترل عوامل زیان آور موجود در محیط کار تعریف کرده است(۱).

از اینرو پس از اندازه گیری و شناسایی عوامل زیان آور شیمیایی (گازها و بخارات) ،بررسی اثرات آنها بر انسان و محیط زیست و روشهای کنترلی آنها از موضوعات مهم محسوب می شود. مواجهه تماسی انسان با عوامل شیمیایی موجود در محیط های کاری از راههای پوستی،گوارشی و عمدتا تنفسی صورت می گیرد،بنابراین بررسی اثرات ناشی ازمواجهه تنفسی و روشهای کنترلی آلاینده های موجود در محیط کار از اهمیت بالایی برخوردار است(۲). ارزشیابی اثرات عوامل زیان آور شیمیایی(سم شناسی)برانسان به شیوه های مختلف صورت می پذیرد ،که در این میان کار با حیوانات آزمایشگاهی ، به لحاظ کنترل شرایط آزمایش و کاهش زمان نتیجه گیری حائز اهمیت می باشد. بررسی روشهای کنترلی عوامل زیان آور شیمیایی،علی الخصوص گازها و بخارات ،نیازمند طراحی و ساخت مدلهای کنترلی آزمایشگاهی در مقیاس میز و پایلوت می باشد که امکان کنترل بهتری، بویژه در زمینه غلظت سازی آلاینده ها را فراهم می آورد.

ارزشیابی اثرات عوامل زیان آور شیمیایی و بررسی روشهای کنترلی گازها و بخارات ، نیازمند سیستم های غلظت سازی قابل اعتمادی است ،که شرایط غلظتی را مطابق با اهداف تحقیق فراهم آورند.
سیستم های غلظت سازی دردوگروه استاتیک و دینامیک، تقسیم بندی می شوند(۳).

أ- **استاتیک:** در این روش با توجه به حجم محفظه و غلظت مورد نظرمقادیر مشخصی از ماده شیمیایی به صورت گاز یا مایع با خلوص معلوم ویا ویال های آماده در ظرف تزریق می شود. معمولا در این روش برای یکنواخت سازی غلظت درمحفظه،از یک فن الکتریکی و یا مکانیکی استفاده می شود.

از معایب این روش،کاهش غلظت اکسیژن ،کاهش غلظت آلاینده بر اثرجذب نفسی حیوان وجذب سطحی دیواره محفظه ،افزایش غلظت دی اکسید کربن،رطوبت، دما وبو در طول مدت آزمایش می باشد(۳).

با عنایت به این نکات ،این روش ضمن آنکه برای بررسی اهداف کنترلی مناسب نمی باشد ، در مطالعات سم شناسی نیز با در نظر گرفتن محفظه بزرگ و زمان مواجهه کوتاه مدت، فقط برای حیوانات کوچک مناسب است. از سوی دیگر با افزایش حجم محفظه ،برای یکنواخت سازی غلظت نیاز به استفاده از فن درداخل محفظه می باشد،که خود باعث تداخل در مطالعات اثرات توام عوامل شیمیایی و فیزیکی(صدا) می شود.

ب- **دینامیک**: در این روش ابتداآلاینده مورد نظردرغلظت مناسب تهیه وپس از اختلاط کامل با جریان هوا، متناسب با اهداف تحقیق به محفظه و یا مدل کنترلی ارسال می گردد.از مزایای این روش یکنواختی غلظت آلاینده ،اکسیژن،دما،بو،دی اکسید کربن و حذف اثرات جذب احتمالی محفظه و یا مدل کنترلی در طول مطالعه و امکان انجام مطالعات طولانی مدت می باشد.

روشهای مرسوم غلظت سازی دینامیک، عبارتند از:

۱- غلظت سازی به روش ظروف رقیق سازی

۲- غلظت سازی با استفاده از پمپ های دزینگ(Metering Pump)

۱- غلظت سازی درظروف رقیق سازی:

در این روش ، جریان هوای ورودی به سیستم به دو شاخه اصلی (جریان با دبی بالا) و شاخه فرعی(تقریبا یک دهم جریان اصلی) تقسیم می شود. جریان هوای فرعی، با عبور از ظرف حاوی ماده شیمیایی مایع،حامل مقداری از ملکولهای بخار، ماده شیمیایی می شود. این جریان، پس از خروج از ظرف ماده شیمیایی به همراه جریان هوای اصلی، وارد ظرف مخلو ط سازی می شود. معمولا در یک ظرف مخلوط سازی،اختلاط کامل صورت نمی گیرد و جهت حصول به اختلاط کامل، نیازبه چند ظرف بزرگ باچیدمان سری می باشد.

غلظت سازی به این روش علاوه بر وابستگی به دمای محیط ،نیازمند فضای وسیع ،اتصالات و لوله های رابط فراوان است. وابستگی دمایی باعث ایجاد نوسانات غلظتی و کندانسه شدن بخارات در لوله های رابط و ظروف رقیق سازی می شود.

نیازمندی فضایی و وجود اتصالات و لوله های رابط،علاوه بر ایجاد تداخل درعملیات تنظیم دقیق غلظت ، موجب افزایش ریسک نشتی از ظروف و لوله ها و حتی نفوذ آلاینده از لوله های رابط(با توجه به نوع آلاینده) و بالطبع افزایش ریسک مواجهه تماسی ناخواسته محقق و تبعات ایمنی بعدی، نظیر حریق و انفجار می شود.

باعنایت به نکات فوق، غلظت سازی به روش ظروف رقیق سازی از اعتمادپذیری مناسبی ،علی الخصوص در مطالعات درازمدت، برخوردار نمی باشد.

۲- غلظت سازی با استفاده از پمپ دزینگ:

در این روش ماده مورد نظر با استفاده از پمپ های دزینگ، به طور مستقیم به جریان هوای اصلی تزریق می شود. این روش هیچ یک از مشکلات غلظت سازی به روش ظروف رقیق سازی را ندارد.

غلظت سازی به این روش، نیازمند پمپ های گران قیمت، علی الخصوص در غلظت های پایین است.همچنین با توجه به ماهیت تزریق ناگهانی ماده به مسیر جریان اصلی ، وجود نوسانات غلظتی دریک محدوده خاص(با توجه به کیفیت و دقت پمپ دزینگ) امری طبیعی است.به این ترتیب، با درنظر گرفتن پمپ های با دقت معمولی،کاربرد این روش محدود به مطالعات کنترلی می باشد،که نوسانات غلظتی در حد بالاتری نسبت به مطالعات سم شناسی پذیرفته است(۵).

بر این اساس، با توجه به اهمیت غلظت سازی در مطالعات سم شناسی و کنترلی، هدف این تحقیق ، ارائه یک روش عملی با توجه به امکانات آزمایشگاهی موجود می باشد،که از اعتمادپذیری و دقت مناسبی در مطالعات کوتاه مدت و بلند مدت سم شناسی و کنترلی برخوردار باشد.

مواد و روش ها

کاربرد یک وسیله ایجاد خلاء،اژکتور(Ejector) از نوعWater Jet Filter Pump درزمینه غلظت سازی مورد بررسی قرار گرفت.

ابعاد اژکتورمورد استفاده در تحقیق به شرح زیر می باشد:

Nozzle internal Dia: 0.15mm
Vacuum chamber internal Dia: 15.06 mm
Diffuser length: 120.41mm
Diffuser (converge section internal Dia): 2.09mm
Diffuser (diverge section internal Dia): 5.07mm

مطالعات غلظت سازی در مدت ۹ ماه و باهدف تامین آلاینده متیل ترشیری بوتیل اتر(MTBE) در غلظت های مختلف از 56-280ppm برای استفاده در راکتور بیولوژیک صافی چکنده انجام شد.

Methyl tert-Butyl Ether (MTBE) با ساختار شیمیایی متوکسی اتر وبا فرمول (CH3)3COCH3 مایعی فرار وبسیار قابل اشتعال است که ازبویی نامطبوع،باآستانه بویایی بسیار پایین 4ppb برخوردار است. MTBE از قابلیت نفوذ و خورندگی بسیار بالایی در اتصالات و لوله های رابط معمول برخوردار است (۲،۵).

MTBE مورد استفاده در مطالعه از نوع Merck, Grade GC (Purity more than 99.995%) بود.

هوای مورد نیاز تحقیق ،بوسیله کمپرسور هوا تامین می شد،که پس از روغن گیری و پالایش نهایی با بسترجاذب زغال فعال، با عبور از دو اریفیس سری، و روتامتر SKC, Dual ball دردبی کاملاثابت 4Lpm ، به شاخه اصلی جریان هوای اژکتور وارد می شد.

به منظور افزودن آلاینده به جریان هوا، در حدود ۱۰۰ میلی لیتر،MTBE در یک بطری گاز شوی به حجم 250 ml ریخته شد.لوله شیشه ای جریان هوای ورودی به بطری گازشوی که تا ته بطری ادامه دارد،از وسط به دو قسمت تقسیم شد، سپس لوله هوای خروجی بطری(لوله متصل به درب بطری) با استفاده از یک قطعه شیلنگ تایگون به طول 10 cm به لوله مکش اژکتور متصل شد.جریان هوای خروجی از بخش دیفیوزر اژکتور نیز با شیلنگ تایگون به راکتور تصفیه بیولوژیک،متصل شد.

آنالیز MTBE با استفاده از دستگاه گازکروماتوگراف انجام شد.آنالیزبا تزریق مستقیم 1000µL نمونه گازی به دستگاه گازکروماتوگراف فیلیپس PU-14100 مجهز به دتکتور یونش شعله ای (FID) انجام شد.جداسازی

MTBE در ستون ۱/۵ متری پک (10% SE-30) انجام شد. گاز حامل، نیتروژن با خلوص 99.9995%، با دبی 30 ml/min و شرایط کاری دستگاه به شرح زیر می باشد.

Det.temp:200ºC, Inj.tem:180ºC, Col.tem:50ºC, Upper. Temp 100ºC, ramp (50ºC/ min), initial time: 1.5 min

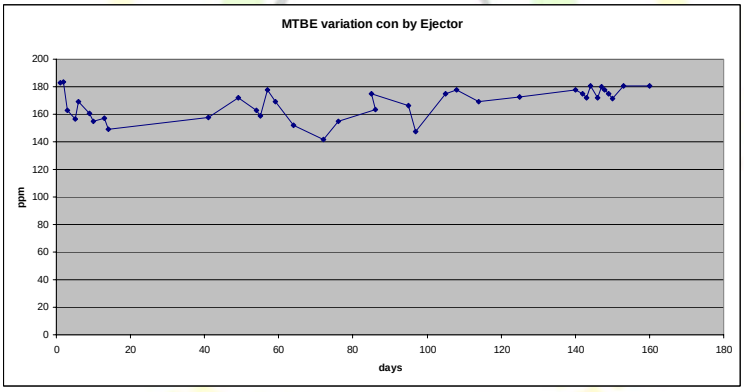
غلظت MTBE، با مقایسه سطح زیر منحنی مجهول، با سطح زیر منحنی غلظت استاندارد محاسبه شد.

۵غلظت استاندارد در محدوده غلظتی مورد نظر، با تزریق مقادیر معلوم از نمونه مایع به کیسه های نمونه برداری ۱۰ لیتری SKC Tedlar sample bags,cat.no.232-08 تهیه شد. به عنوان استاندارد داخلی از پنتانول استفاده شد.

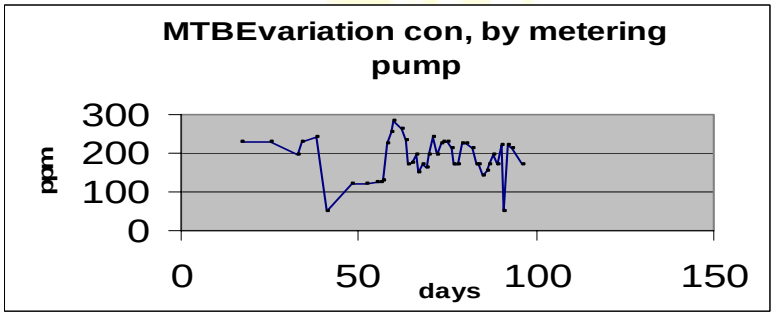
نتایج و بحث

مقایسه سیستم غلظت سازی اژکتور با سیستم غلظت سازی دزینگ پمپ در شکلهای۱و۲ ارائه شده است.همانطور که در شکل-۱، مشاهده می شود بدون اعمال هر گونه تنظیم مجدد سیستم، در طول۶ ماه ازتحقیق، غلظت متوسط 161ppm ونوسانات غلظتی در حد 33ppm می باشد. در عملیات مشابه با استفاده از پمپ های QVG50-RHOOSTY.Fluid Metering, Inc.,Syosset, NY در غلظت متوسط 188 ppm نوسانات غلظتی درحد 50ppm می باشد.

شکل-۱ نوسانات غلظتی سیستم غلظت سازی اژکتور در دمای اتاق.



شکل-۲ نوسانات غلظتی سیستم غلظت سازی دزینگ پمپ (M.A.Deshusses,1999)



با عنایت به اصول کار اژکتور که درادامه به آن پرداخته می شودو با توجه به اینکه معمولا در مطالعات آزمایشگاهی دبی هوای ورودی کاملا ثابت و یکنواخت حفظ می گردد، می توان انتظار تولید یک فشار منفی و باطبع یک غلظت ثابت در دمای اتاق را داشت،در حالیکه که این غلظت، گاها کمتر از مقادیر غلظتی مورد نیاز اهداف تحقیق است، و حتی در برخی موارد نیاز به غلظت های متغیر می باشد.

بر این اساس، برای کمک به مکش اژکتور، یک شاخه جریان هوا پس ازعبور از روتامتر،دردبی کاملا معلوم 0-10 ml به لوله ورودی بطری گاز شوی که تا وسط ظرف امتداد یافته، متصل شد. دبی این مسیرهوا با کمک شیر سوزنی SKC-Single 224-26-01 به طور دقیق،تنظیم می شود.

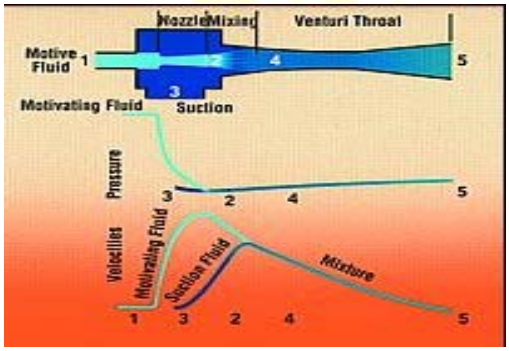
به منظور اطمینان از اختلاط کامل آلاینده در دیفیوزر،جریان هوای خروجی از اژکتور به سیستم غلظت سازی ظروف رقیق سازی هدایت شد. نتایج اندازه گیری غلظت، بلافاصله بعد از اژکتور و بعد از سیستم رقیق سازی تفاوتی با هم نداشتندکه نشاندهنده اختلاط کامل آلاینده خروجی ازاژکتور می باشد. درحین انجام تحقیق، چندین بار قطعی برق رخ داد. در این موارد تا زمانی که فشار هوای کمپرسور کافی بود، دبی و غلظت مورد نظر تامین می شد و بعد از آن تا زمان اتمام ذخیره هوا،دبی و غلظت مورد نظر دستخوش تغیر می شد. به هر حال با توجه به شرایط این تحقیق، بعد از قطع برق ،حداقل۲ ساعت دبی و غلظت مورد نیاز تامین می شد. از آنجایی که در این سیستم قطعات متحرک وجود ندارند، بعد از وصل جریان برق بدون هر گونه تنظیم مجدد، شرایط غلظتی قبلی مجددا برقرار می شود.

اژکتورها از وسایل بسیار ساده ایجاد خلاء درفرایندهای صنعتی به شمار می آیند و به واسطه نداشتن قطعات متحرک،هزینه های تعمیر و نگهداری بسیار پایین و ایمنی ذاتی، از کاربرد بسیار گسترده ای نیز برخوردارند.این وسایل ازخانواده پمپ های جت کننده می باشند ،که از یک سیال (گاز یا مایع) با فشار بالا برای ایجاد فشار منفی ومکش یک سیال دیگر(گاز یا مایع) استفاده کرده و پس از اختلاط کامل دو سیال با یکدیگر، آنها را در فشار متوسط تخلیه می کنند.این وسایل بر مبنای قانول برنولی توسعه یافته اند(۶،۷).

اژکتورها از سه بخش نازل،محفظه مکش و مخلوط سازی و دیفیوزر ،تشکیل شده اند. در بخش نازل همگرا،فشار استاتیک سیال ورودی به انرژی کینتیک تبدیل شده و سرعت سیال افزایش می یابد.فشار منفی حاصل از این تبدیل انرژی، به محیط داخلی محفظه مکش اعمال شده و باعث ایجاد هد مکش و انتقال سیال از ظرف خلاءو مسیر متصل به مسیر مکش می شود. در محفظه مخلوط سازی، دوجریان بر اساس تئوری ممنتوم با هم مخلوط و هم سرعت می شوند(۶،۷).

دیفیوزر در واقع یک لوله همگرا-واگرا است که عملکردی متفاوت با نازل را برعهده دارد.دیفیوزر علاوه برتکمیل اختلاط دو سیال ،سبب متراکم سازی و تبدیل جریان با سرعت بالا و فشار پایین به جریانی با سرعت کم و فشار بالا می شود(۶،۷).

شکل - ۳ طرح شماتیک اژکتور به همراه منحنی های تبدیل فشار.



نتیجه گیری

سیستم غلظت سازی اژکتور علاوه بر کوچکی و کاربرد راحت ، با امکانات آزمایشگاهی موجوددرکشوربه راحتی قابل ساخت می باشد. نوسانات غلظتی دراین روش ناچیز می باشد ،که با کنترل دقیق فلوی جریان هواودمای اتاق در یک محدوده دمایی این نوسانات نیز، با دقت بیشتری قابل کنترل هستند. بررسی نتایج در یک دوره ۹ ماهه نشاندهنده اعتماد پذیری بالای

ایـــن روش اســـت، از اینرو،کـــاربرد ایـــن روش درمطالعـــات مواجهـــه استنـــشاقی حیوانـــات در محفظـــه مواجهـــه (Exposure Chambers)و مطالعات کنترلی ترکیبات آلاینده در مقیاس میز و پایلوت توصیه می شود.

منابع

1- Sherley A. Ness., Air monitoring for toxic exposures, 1991, Van Npstrand Reinhold

2- ILO Encyclopedia of occupational health and safety Copyright.1998.

3- James P. Lodge, JR. Methods of air sampling and analysis, 4 Ed, 1990. LEWIS PUBLISHERS.

4- ARCO Chemical company. MTBE, Octane Enhancer. ARCO product literature. 1998. New town Square.pp.8.

5- N.Fortin, M. Deshusses, Science&Technology.2000. 33(17):2980-2986.

6- Warren. L. McCabe, Julian C.Smith, Peter.Harriott, Unit operations of chemical Engineering, 4 ed, 1985, MCGRAW-HILL INTERNATIONAL EDITION.

7- Jacob A, Moulijn, Michel. Makkee, Anneles. Van dipen, Chemical process technology, 2001, JOHN WILEY&SONS LTD.