INSO
10847-29
1st. Edition
2015

جمهوری اسلامی ایران
Islamic Republic of Iran
سازمان ملی استاندارد ایران
Iranian National Standardization Organization

استاندارد ملی ایران
۱۰۸۴۷-۲۹
چاپ اول
۱۳۹۳

هوای درون ساختمان - قسمت ۲۹ –
آشکارسازهای ترکیبات آلی فرار (VOC)-
روش‌های آزمون

Indoor air —Part 29:
VOC detectors- Test methods

ICS:13.040.20

به نام خدا

آشنایی با سازمان ملی استاندارد ایران

مؤسسهٔ استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران به موجب بند یک مادهٔ۳ قانون اصلاح قوانین و مقررات مؤسسهٔ استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران، مصوب بهمن ماه ۱۳۷۱ تنها مرجع رسمی‌کشور است که وظیفه تعیین، تدوین و نشر استانداردهای ملی (رسمی) ایران را به عهده دارد.

نام موسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران به موجب یکصد و پنجاه و دومین جلسه شورای عالی اداری مورخ ۹۰/۶/۲۹ به سازمان ملی استاندارد ایران تغییر و طی نامه شماره ۲۰۶/۳۵۸۳۸ جهت اجرا ابلاغ شده است.

تدوین استاندارد در حوزه های مختلف در کمیسیون‌های فنی مرکب از کارشناسان مؤسسه* صاحب نظران مراکز و مؤسسات علمی، پژوهشی، تولیدی و اقتصادی آگاه و مرتبط انجام می‌شود وکوششی همگام با مصالح ملی و با توجه به شرایط تولیدی، فناوری و تجاری است که از مشارکت آگاهانه و منصفانهٔ صاحبان حق و نفع، شامل تولیدکنندگان، مصرف‌کنندگان، صادرکنندگان و وارد کنندگان، مراکز علمی و تخصصی، نهادها، سازمان‌های دولتی و غیر دولتی حاصل می‌شود .پیش‌نویس استانداردهای ملی ایران برای نظرخواهی به مراجع ذی نفع و اعضای کمیسیون های فنی مربوط ارسال می‌شود و پس از دریافت نظرها و پیشنهادها در کمیتهٔ ملی مرتبط با آن رشته طرح و در صورت تصویب به عنوان استاندارد ملی (رسمی) ایران چاپ و منتشر می‌شود.

پیش نویس استانداردهایی که مؤسسات و سازمان‌های علاقه‌مند و ذیصلاح نیز با رعایت ضوابط تعیین شده تهیه می‌کنند درکمیتهٔ ملی طرح و بررسی و درصورت تصویب، به عنوان استاندارد ملی ایران چاپ و منتشر می‌شود .بدین ترتیب، استانداردهایی ملی تلقی می‌شود که بر اساس مفاد نوشته شده در استاندارد ملی ایران شمارهٔ ۵ تدوین و در کمیتهٔ ملی استاندارد مربوط که سازمان استاندارد تشکیل می‌دهد به تصویب رسیده باشد.

سازمان ملی استاندارد ایران از اعضای اصلی سازمان بین المللی استاندار(ISO) [۱] کمیسیون بین‌المللی الکتروتکنیک (IEC) [۲] و سازمان بین المللی اندازه شناسی قانونی (OIML) [۳] است و به عنوان تنها رابط[۴] کمیسیون کدکس غذایی(CAC) [۵] در کشور فعالیت می‌کند. در تدوین استانداردهای ملی ایران ضمن توجه به شرایط کلی و نیازمندی‌های خاص کشور، از آخرین پیشرفت‌های علمی، فنی و صنعتی جهان و استانداردهای بین‌المللی بهره‌گیری می‌شود.

سازمان ملی استاندارد ایران می‌تواند با رعایت موازین پیش‌بینی شده در قانون، برای حمایت از مصرف‌کنندگان، حفظ سلامت و ایمنی فردی و عمومی، حصول اطمینان از کیفیت محصولات و ملاحظات زیست محیطی و اقتصادی، اجرای بعضی از استانداردهای ملی ایران را برای محصولات تولیدی داخل کشور و/ یا اقلام وارداتی، با تصویب شورای عالی استاندارد، اجباری نماید. سازمان می‌تواند به منظور حفظ بازارهای بین المللی برای محصولات کشور، اجرای استاندارد کالاهای صادراتی و درجه‌بندی آن را اجباری نماید. همچنین برای اطمینان بخشیدن به استفاده کنندگان از خدمات سازمان‌ها و مؤسسات فعال در زمینهٔ مشاوره، آموزش، بازرسی، ممیزی و صدورگواهی سیستم‌های مدیریت کیفیت و مدیریت زیست‌محیطی، آزمایشگاه ها و مراکز کالیبراسیون (واسنجی) وسایل سنجش، مؤسسهٔ استاندارد این گونه سازمان‌ها و مؤسسات را بر اساس ضوابط نظام تأیید صلاحیت ایران ارزیابی می‌کند و در صورت احراز شرایط لازم، گواهینامهٔ تأیید صلاحیت به آن ها اعطا و بر عملکرد آن‌ها نظارت می‌کند. ترویج دستگاه بین المللی یکاها، کالیبراسیون (واسنجی) وسایل سنجش، تعیین عیار فلزات گرانبها و انجام تحقیقات کاربردی برای ارتقای سطح استانداردهای ملی ایران از دیگر وظایف این سازمان است.

1-International organization for Standardization
2-International Electro technical Commission
3-International Organization for Legal Metrology (Organization International de Metrologie Legale)
4-Contact point
5-Codex Alimentarius Commission

کمیسیون فنی تدوین استاندارد

«هوای درون ساختمان - قسمت ۲۹ – آشکارسازهای ترکیبات آلی فرار (VOC)- روش‌های آزمون»

رئیس:	**سمت و/ یا نمایندگی**
ولی‌پور، جواد (دکترای شیمی‌تجزیه)	دانشگاه صنعتی سهند
دبیر:	
سالک‌زمانی، مریم (فوق‌لیسانس علوم‌تغذیه)	اداره کل استاندارد استان آذربایجان‌شرقی
اعضاء (به ترتیب حروف الفباء):	
آل‌احمدی، ام‌البنین (فوق‌لیسانس شیمی‌تجزیه)	انجمن صنفی مدیران فنی استان آذربایجان‌شرقی
اخیاری، شهاب (فوق‌لیسانس شیمی‌فیزیک)	اداره کل استاندارد استان آذربایجان‌شرقی
اصلانی، سعید (لیسانس مهندسی‌شیمی)	پارک علم و فناوری استان آذربایجان‌شرقی
پرتونیا، لیدا (فوق‌لیسانس زیست‌شناسی)	اداره کل حفاظت محیط‌زیست استان آذربایجان‌شرقی
چراغی، رضا (لیسانس مهندسی‌شیمی)	سازمان صنعت، معدن و تجارت استان آذربایجان‌شرقی
رنجبر، فرامرز (دکترای مهندسی‌مکانیک)	دانشگاه تبریز
سالک‌زمانی، علی (فوق‌لیسانس مهندسی کشاورزی)	مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی استان آذربایجان‌شرقی
شکوری، لیلا (لیسانس شیمی)	اداره کل تعاون، کار و رفاه اجتماعی استان آذربایجان‌شرقی

طهماسب‌پور، مسعود (فوق‌لیسانس شیمی‌تجزیه)	شرکت پژوهش‌گسترخلاق
غفاری، مجتبی (فوق‌لیسانس بهداشت حرفه‌ای)	مرکز بهداشت استان
مقدس، جعفرصادق (دکترای مهندسی‌شیمی)	دانشگاه صنعتی سهند
همت‌جو، یوسف (فوق‌لیسانس بهداشت‌حرفه‌ای)	مرکز بهداشت استان

فهرست مندرجات

عنوان	صفحه
آشنایی با سازمان ملی استاندارد ایران	ب
کمیسیون فنی تدوین استاندارد	ج
پیش‌گفتار	ه
۱ هدف و دامنه کاربرد	۱
۲ مراجع الزامی	۱
۳ اصطلاحات و تعاریف	۱
۴ اصول روش	۳
۵ آزمون	۴
۶ گزارش آزمون	۱۲
پیوست الف (اطلاعاتی) بررسی اجمالی الزامات مربوط به عملکرد	۱۳
پیوست ب (اطلاعاتی) تجهیزات آزمون	۱۴
پیوست پ (الزامی) انتخاب گاز آزمون	۱۶
پیوست ت (اطلاعاتی) روش لوله انتشار	۳۰
پیوست ث (اطلاعاتی) کتابنامه	۳۹

پیش‌گفتار

استاندارد «هوای درون ساختمان- قسمت ۲۹ – آشکارسازهای ترکیبات آلی فرار (VOC)- روش‌های آزمون» که پیش‌نویس آن درکمیسیون‌های فنی مربوط تهیه و تدوین شده و در پنجاه و سومین اجلاسیه کمیتهٔ ملی استاندارد محیط‌زیست مورخ ۱۳۹۳/۱۲/۳ مورد تصویب قرار گرفته است، اینک به استناد بند یک مادهٔ ۳ قانون اصلاح قوانین و مقررات سازمان ملی استاندارد ایران، مصوب بهمن ماه ۱۳۷۱، به عنوان استاندارد ملی ایران منتشر می‌شود.

برای حفظ همگامی و هماهنگی با تحولات و پیشرفت‌های ملی و جهانی در زمینهٔ صنایع، علوم و خدمات، استانداردهای ملی ایران در مواقع لزوم تجدید نظر خواهد شد و هر پیشنهادی که برای اصلاح و تکمیل این استانداردها ارائه شود، هنگام تجدید نظر در کمیسیون فنی مربوط مورد توجه قرار خواهد گرفت. بنابراین، باید همواره از آخرین تجدیدنظر استانداردهای ملی استفاده کرد.

منبع و مأخذی که برای تهیهٔ این استاندارد مورد استفاده قرار گرفته به شرح زیر است:

ISO 16000-29: 2014, Indoor air —Part 29:Test methods for VOC detectors

مقدمه

ترکیبات آلی فرار (VOCs)[1] موجود در هوای داخل ساختمان از مصالح ساختمانی، عوامل پیوندی[2]، مبلمان، آفت‌کش‌ها، و منابع دیگر منتشر می‌شوند. در چنین وضعیتی، انتظار می‌رود که آشکارسازهای VOC به طور گسترده‌ای برای غربال‌گری، پایش مقادیر VOC داخل ساختمان، منبع‌یابی، کنترل سیستم‌های تهویه و غیره به کار روند. بنابراین، مطلوب است که از آشکارسازهای بسیار حساس VOC که بتوانند طیف وسیعی از VOC ها را در داخل ساختمان آشکار نمایند، استفاده شود. بازتاب چنین وضعیت‌هایی است که باعث شده است چندین سنسور VOC تجاری در دسترس باشد. این استاندارد، از مجموعه استانداردهای ملی ایران شماره ۱۰۸۴۷، شامل مشخصات کمّی و فنی مهمی برای روش‌های آزمون VOC مورد نظر برای بهبود قابلیت اعتماد[3] تشخیص VOC و تحقق بخشیدن به استفاده گسترده‌تر از آشکارسازهای VOC است.

یادآوری- در مورد اندازه‌گیری ترکیبات آلی فرار می‌توان اطلاعات لازم را در استانداردهای ملی ایران شماره‌های ۱-۱۰۸۰۴، ۲-۱۰۸۰۴ و استاندارد ISO 16000-6 پیدا کرد.

1-Volatile organic compounds
2-Bounding agents
3-Reliability

هوای داخل ساختمان - قسمت ۲۹ – آشکارسازهای ترکیبات آلی فرار (VOC)- روش‌های آزمون

۱ هدف و دامنه

هدف از تدوین این استاندارد، تعیین روش‌هایی برای آزمودن عملکرد[1] آشکارسازهای VOC طراحی‌شده برای پایش غلظت VOC در جوّ و هوای داخل ساختمان و همچنین کنترل کیفیت هوای داخل ساختمان در کاربردهای پورتابل[2]، سیار[3]، و دورفرمان[4] است.

این استاندارد برای آشکارسازهای VOC کاربرد دارد.

یادآوری- در این استاندارد، فقط الزامات قابل اعمال برای روش آزمون آشکارسازهای VOC از قبیل زمان پاسخ، ثبات، و گستره اندازه‌گیری ذکر شده است.

۲ مراجع الزامی

مدارک الزامی زیر حاوی مقرراتی است که در متن این استاندارد ملی ایران به آن‌ها ارجاع داده شده است. بدین ترتیب آن مقررات جزئی از این استاندارد ملی ایران محسوب می‌شود.

در صورتی که به مدرکی با ذکر تاریخ انتشار ارجاع داده شده باشد، اصلاحیه‌ها و تجدید نظرهای بعدی آن مورد نظر این استاندارد ملی ایران نیست. در مورد مدارکی که بدون ذکر تاریخ انتشار به آن‌ها ارجاع داده شده است، همواره آخرین تجدید نظر و اصلاحیه‌های بعدی آن‌ها مورد نظر است.

استفاده از مراجع زیر برای کاربرد استاندارد الزامی است:

۲-۱ استاندارد ملی ایران شماره ۳-۴-۷۲۶۰، سازگاری الکترومغناطیسی - (EMC) قسمت ۴-۳: روش‌های آزمون و اندازه‌گیری - آزمون مصونیت در برابر میدان الکترومغناطیسی فرکانس رادیوئی تابشی

۲-۲ استاندارد ملی ایران شماره ۴-۴-۷۲۶۰، سازگاری الکترومغناطیسی - (EMC) قسمت ۴-۴: روش‌های آزمون و اندازه‌گیری - آزمون مصونیت در برابر پالس‌های الکتریکی تندگذر/رگباره

2-3 IEC 61000-4-1, Electromagnetic compatibility (EMC) — Part 4-1: Testing and measurement techniques —Overview of IEC 61000-4 series

۳ اصطلاحات و تعاریف

برای اهداف این استاندارد، اصطلاحات و تعاریف زیر به کار می‌رود.

1-Performance
2-Portable
3-Mobile
4-Remote

۱-۳

آشکارساز VOC آسپیره[1]

آشکارسازهای VOC که گاز آزمون در آن با فشار به سنسور(های) VOC وارد می‌شود (برای مثال با استفاده از یک پمپ نمونه‌برداری گاز با اختلاف فشار برای ایجاد جریان گاز آزمون).

۲-۳

هوای پاک

هوایی که عاری از ناخالصی‌های قابل تشخیص است.

یادآوری - برای اهداف این استاندارد، ناخالصی‌ها شامل VOC، گاز قابل اشتعال، و گاز مزاحم[2] است.

۳-۳

آشکارساز VOC نوع انتشاری

آشکارساز VOC که در آن انتقال گاز VOC از جو به سنسور گاز از طریق جنبش مولکولی تصادفی، یعنی تحت شرایطی که در آن هیچ جریان آسپیره وجود ندارد، انجام می‌گیرد.

۴-۳

نشان‌دهی نهایی[3]

مقدار پایدار نمایش داده‌شده یا قضاوت‌شده[4]، نشان‌دهی نهایی نامیده می‌شود.

یادآوری - برای اهداف این استاندارد، مقدار همان غلظت VOC ارائه‌شده توسط آشکارساز VOC است.

۵-۳

آشکارساز VOC

مجموعه‌ای همگذاشت[5] با یک سنسور VOC یکپارچه یا دور فرمان که برای پایش VOC ها تهیه شده است.

۶- ۳

عنصر حس‌گر[6] **VOC**

بخشی از سنسور VOC است که به تغییرات در غلظت VOC واکنش (پاسخ) نشان می‌دهد.

۷-۳

سنسور VOC

مجموعه‌ای همگذاشت که حاوی عنصر حس‌گر VOC و نیز اجزای مدار مربوط به آن است.

۸-۳

مزاحم[7]

1- Aspirated VOC detector
2-Interfering
3-Final indication
4-Adjudged
5-Assembly
6-Sensing element
7- Interferent

هر ماده‌ای که بر درستی[1] آشکارسازی تاثیر نامطلوب داشته باشد.

یادآوری- برای اهداف این استاندارد، درستی آشکارسازی برای نشان‌دهی نهایی آشکارساز VOC کاربرد دارد.

۹-۳

مسمومیت

پدیده ایجادشده به وسیله هر ماده مزاحم که به طور دائم بر حساسیت عنصر حس‌گر تاثیر بگذارد.

یادآوری- برای اهداف این استاندارد، عنصر حس‌گر برای آشکارساز VOC به کار می‌رود.

۱۰-۳

تثبیت

حالتی که در آن تغییر در نتایج غلظت به دست آمده از سه قرائت پی در پی یک آشکارساز VOC کمتر از ٪۱۰ باشد.

۱۱-۳

گاز آزمون

مخلوطی از هوای پاک با غلظت معلوم از یک یا چند VOC، گاز آزمون نامیده می‌شود.

یادآوری - برای اهداف این استاندارد، از گاز آزمون برای آزمون عملکرد آشکارسازVOC استفاده می‌شود.

۱۲-۳

ترکیب آلی فرار
VOC

ترکیب آلی‌ای که نقطه جوش آن در محدوده (۵۰°C-۱۰۰°C) تا (۲۶۰°C تا ۲۴۰ °C) است.

یادآوری ۱- این طبقه‌بندی توسط سازمان جهانی بهداشت تعریف شده است.

یادآوری ۲- تعیین نقاط جوش برخی از ترکیبات، دشوار یا غیر ممکن است به این دلیل که آن‌ها قبل از جوشیدن در فشار اتمسفری تجزیه می‌شوند. فشار بخار معیار دیگری برای طبقه‌بندی فراریت ترکیبات است که می‌تواند برای طبقه‌بندی مواد شیمیایی آلی به کار رود.

۱۳-۳

زمان گرم کردن[2]

فاصله زمانی بین روشن بودن دستگاه و آماده بودن آن برای اندازه‌گیری، زمان گرم کردن نامیده می‌شود.

یادآوری- برای اهداف این استاندارد، منظور از دستگاه همان آشکارساز VOC است.

۴ اصول روش

آشکارسازهای VOC برای شناسایی یک یا چند VOC، به عنوان ترکیبات هدف، طراحی شده‌اند. روش‌های آزمون برای ارزیابی عملکرد آشکارسازهای VOC تعیین شده است. آشکارسازهای VOC به دو دسته طبقه‌بندی می‌شوند؛ یک دسته برای آشکارسازی VOC معین و دیگری برای مخلوط‌های VOC. در دسته اول، غلظت VOC هدف به محض آزمودن گاز آزمون استاندارد حاوی VOC مورد نظر به عنوان یک

1-Accuracy
2-Warm-up time

جزء به دست می‌آید. جزء گاز آزمون استاندارد برای آشکارسازهای مخلوط VOC به طور تجربی طبق شرح ارائه‌شده در پیوست پ تعیین شده است. این استاندارد به منظور بهبود قابلیت اعتماد آشکارسازهای VOC، مجموعه روش‌های آزمون را برای آشکارسازهای VOC بیان می‌کند که می‌تواند زمان پاسخ، ثبات، مسمومیت، و نظایر آن‌ها را ارزیابی کند.

انواع مختلفی از آشکارسازهای VOC با اصول آشکارسازی مختلف از جمله نیمه‌هادی[1]، فوتویونیزاسیون (PID)[2] و بازتاب تداخل تشدیدشده[3] وجود دارد. اصول استفاده از آشکارساز نوع نیمه‌هادی بستگی به تغییرات در هدایت الکتریکی دارد که از طریق جذب شیمیایی[4] روی سطح عنصر حس‌گر حرارت‌دیده هنگامی که به جای هوا در معرض گاز قرار می‌گیرد، رخ می‌دهد. غلظت‌های گاز با اندازه‌گیری مقدار تغییر مقاومت به دست می‌آید. در آشکارساز نوع PID، اصول آشکارسازی بر مبنای یونیزاسیون گازها توسط اشعه ماوراء بنفش از یک لامپ خاص با طول موج معلوم است، و از این رو انرژی فوتون، معمولا برحسب الکترون‌ولت‌ها (به عنوان مثال ۱۰٫۶ eV) بیان می‌شود. آشکارساز نوع PID می‌تواند بسیاری از VOCها را آشکار کند. پتانسیل یونیزاسیون مواد مختلف را می‌توان از نشریات علمی یا تامین‌کننده دستگاه به دست آورد. اصول آشکارسازی بازتاب تداخل تشدیدشده بر مبنای جذب سطحی VOCها در فیلم پلیمری است. تورم فیلم پلیمری باعث افزایش ضخامت فیلم می‌شود. این تغییر ضخامت فیلم توسط بازتاب با استفاده از دیود نورافشان (LED) [5] آشکار می‌شود.

یادآوری- غلظت به دست‌آمده از هر نوع آشکارساز هنگامی که در محیطی در معرض مخلوط‌ها قرار می‌گیرد، به دلیل ماهیت متفاوت اصول آشکارسازی، هم‌ارز[6] نیست. حتی اگر هر آشکارساز در برابر همان مخلوط گاز کالیبراسیون، کالیبره شده باشد، نمی‌تواند منجر به هم‌ارزی[7] برای اندازه‌گیری‌های محیطی شود. غلظت مخلوط VOC از هر آشکارساز با کل مواد آلی فرار [8] (TVOC) یا مجموع مقادیر TVOC تعریف‌شده در استاندارد ISO 16000-6 هم‌ارز نیست.

۵ آزمون

۵-۱ الزامات برای آزمون‌ها

۵-۱-۱ تعداد نمونه‌ها

آزمون‌ها باید در یک آشکارساز VOC انجام شود. از آشکارساز VOC دیگر می‌توان برای آزمون مسمومیت استفاده کرد (به بند ۵-۴-۱۰ مراجعه کنید).

۵-۱-۲ توالی آزمون‌ها

1-Semiconductor
2-Photoionization detector
3-Interference-enhanced reflection
4-Chemisorption
5-Light emitting diode
6-Equivalent
7-Equivalence
8-TVOC

آزمون سقوط[1] باید در شروع توالی آزمون انجام شود. سایر آزمون‌های مشخص‌شده در بند ۵-۴ باید طی یک توالی تعیین‌شده از طرف سازمان آزمون‌گر انجام شود.

۵-۱-۳ آماده‌سازی آشکارساز VOC قبل از آزمون

آشکارساز VOC باید به شیوه‌ای آماده و نصب شود که نمایان‌گر کاربرد رایج آن، مطابق با دستورالعمل سازنده، از جمله تمام اتصالات درونی لازم، تنظیمات اولیه، کالیبراسیون و زمان گرم کردن باشد. برای این که شرایط آشکارساز در حالت مناسب حفظ شود، کالیبراسیون و تنظیمات، از جمله تنظیم صفر و تنظیم گستره[2]، می‌تواند هنگام لزوم، در آغاز هر آزمون انجام شود.

الف- آشکارسازهای باطری‌دار

در مورد این آشکارسازها، چنان چه نشان‌دهیِ کم بودن وضعیت باتری مشاهده شود، ماهیت و هدف این نشان باید در راهنما بررسی شود.

ب- آشکارسازهای کنترل‌شده با نرم‌افزار

در این آشکارسازها، ریسک‌های ناشی از نارسایی‌ها[3] از جمله خطاهای تبدیل و انتقال داده‌ها باید در برنامه لحاظ شود.

۵-۱-۴ الزامات عملکردی

برای آگاهی از الزامات عملکردی مشخص‌شده در آزمون، به پیوست الف مراجعه کنید.

۵-۲ تجهیزات آزمون

تجهیزات تحویل گاز از نوع ماسک[4]، از نوع جریان[5]، یا نوع محفظه‌ای[6] در پیوست ب پیشنهاد شده است. تجهیزات جایگزین نیز می‌تواند مورد استفاده قرار گیرد. روش آزمون خاص برای هر روش آزمون باید دنبال شود. هنگامی که یک ماسک برای تزریق گاز آزمون به آشکارساز، مورد استفاده قرار می‌گیرد، طراحی و بهره‌برداری از ماسک (به ویژه، فشار و سرعت در داخل ماسک) نباید تاثیر نامناسبی بر پاسخ آشکارساز یا نتایج به دست آمده داشته باشد.

باید از محفظه‌ای استفاده کرد که بتوان آن را در شرایط کنترل‌شده دما، رطوبت و غلظت گاز آزمون درزبندی کرد. محفظه باید از مواد غیرحساس به جذب و واجذب VOCها مانند فولاد زنگ‌نزن، ساخته شده باشد. نوع تجهیزات آزمون باید هنگام ذکر نتایج حاصل از آزمون‌ها در برگه مشخصات، توضیح داده شود.

توصیه می‌شود آزمایشگاه آزمون‌گر با سازنده در مورد تعیین طراحی ماسک مشورت نماید. سازنده باید ماسک مناسب را همراه با جزئیات فشار یا جریان پیشنهادشده برای استفاده از گازهای آزمون با آشکارساز VOC ارائه نماید. از روش‌های دیگر مشخص‌شده در استانداردها یا مشخصات فنی معتبر، باید به شرط به اثبات رسیدن اعتبار، استفاده شود.

1-Drop
2-Span adjustment
3-Faults
4-Mask-type
5-Flow-type
6-Chamber-type

۵-۳ شرایط برای آزمون پاسخ استاندارد

۵-۳-۱ دما

جز در موارد ذکرشده، آزمون‌ها باید در دمای ۲۰°C ± ۵ °C انجام شود و تغییرات دمایی در طول مدت زمان هر آزمون نباید بیش از ۲۰°C ± ۵ °C باشد.

۵-۳-۲ فشار

جز در موارد ذکرشده، آزمون‌ها باید در فشارهایی بین ۸۶ kPa و ۱۰۸ kPa انجام شود و فشار باید در طول مدت زمان هر آزمون در محدوده ۱± kPa ثابت نگه داشته شود.

۵-۳-۳ رطوبت

جز در موارد ذکرشده، آزمون‌ها باید در رطوبت نسبی (RH)[1] در محدوده ۵۰٪ ± ۳۰٪ انجام شود و RH در طول مدت زمان هر آزمون در محدود ۱۰٪± ثابت نگه داشته شود.

۵-۳-۴ ولتاژ

جز در موارد ذکر شده، برای آشکارسازهای VOC که با برق شهری یا منبع تغذیه جریان مستقیم کار می‌کنند، ولتاژ و فرکانس منبع-برق شهری- اِعمالی باید در محدوده ۲٪ مقادیر پیشنهادشده توسط سازنده باشد.

آشکارسازهای باطری‌دار باید مجهز به باطری‌های جدید یا به طور کامل شارژشده در آغاز هر سری از آزمون‌ها باشد.

۵-۳-۵ موقعیت[2]

آشکارسازهای VOC باید در موقعیت توصیه‌شده توسط سازنده (طبق دفترچه راهنما) آزمون شوند.

۵-۴ روش‌های آزمون

۵-۴-۱ آزمون پاسخ استاندارد

۵-۴-۱-۱ گاز آزمون استاندارد

ترکیب گاز آزمون استاندارد برای آشکارسازها به شرح زیر است:

۵-۴-۱-۱-۱ آشکارسازها برای مخلوط‌های VOC

۵-۴-۱-۱-۱-۱ ترکیب گاز

الف- نوع نیمه هادی: گاز مخلوط‌شده VOC از اکتان نرمال و زایلن؛

ب- نوع PID: گاز مخلوط‌شد VOC از تولوئن، دکان نرمال، آلفا-پینن، متیل ایزوبوتیل کتون؛

پ- بازتاب تداخل تشدیدشده: گاز مخلوط‌شده VOC از تولوئن، دکان نرمال، آلفا-پینن، متیل ایزوبوتیل کتون، پارا-دی‌کلروبنزن، و بوتیل استات؛

یادآوری- انواع الف و ب آشکارسازهایی با حساسیت بالا هستند؛ نوع پ آشکارسازی با حساسیت کم است.

۵-۴-۱-۱-۱-۲ غلظت گاز

1-Relative humidity
2-Orientation

غلظت کل هر جزء گاز باید برای همه انواع آشکارسازها، µg/m3 ۳۰۰باشد. غلظت هر جزء گاز در داخل گاز آزمون استاندارد باید یکسان باشد. در صورت عدم امکان این امر به دلیل محدودیت‌های ابزاری، غلظت گاز باید تا حد امکان برای گستره اندازه‌گیری آشکارسازهای VOC، در حد کم تنظیم شود.

۵-۴-۱-۱-۲ آشکارسازهای برای تک‌تک VOCها

۵-۴-۱-۱-۲ -۱ ترکیب گاز

گاز هدف مشخص‌شده در برگه مشخصات آشکارساز VOC؛

۵-۴-۱-۱-۲ -۲ غلظت گاز

یک چهارم غلظت گاز کالیبراسیون مشخص‌شده توسط سازنده، اما همواره کمتر از mg/m^3 ۱.

آشکارساز را به تناسب اجزای گازی تحت اندازه‌گیری، انتخاب کنید. از معیارهای انتخاب گازهای آزمون مذکور در پیوست پ استفاده کنید.

عدم قطعیت غلظت گاز آزمون نباید از ٪ ۵ بیشتر باشد. گاز آزمون استاندارد می‌تواند به عنوان مثال با سیلندر گاز یا روش لوله انتشاری (به پیوست ت مراجعه کنید) یا روش لوله تراوا[1] تامین شود.

یادآوری- غلظت گاز به صورت جرم گازهای فرار موجود در حجم m^3 ۱ تحت شرایط استاندارد دمای $^{\circ}C$ ۲۰ و فشار kPa ۱۰۱٫۳۲۵ بیان می‌شود.

۵-۴-۱-۲ روش کار

آشکارساز VOC باید تا دستیابی به شرایط آزمون پایدار مذکور در بندهای ۵-۳-۱، ۵-۳-۲ و ۵-۳-۳ در معرض هوای پاک قرار گیرد. نشان‌دهی باید به عنوان مقدار دورافت[2] ثبت شود. جو باید با گاز آزمون استاندارد تعویض شود، و نشان‌دهی نهایی باید ثبت شود.

۵-۴-۲ صحه‌گذاری درستی

آشکارساز VOC پس از کالیبراسیون و تنظیم طبق بند ۵-۱-۳، باید در معرض گاز (با ترکیب مطابق با بند ۵-۴-۱-۱) قرار گیرد. باید چهار غلظت از گاز (توزیع‌شده به طور یکنواخت در گستره اندازه‌گیری معین از کمترین غلظت قابل اندازه‌گیری تا بیشترین آن)، انتخاب شود. عملیات به ترتیب از کمترین غلظت شروع شود و با بیشترین غلظت پایان یابد. این عملیات باید سه بار متوالی انجام شود.

۵-۴-۳ آزمون ثبات

۵-۴-۳-۱ آزمون ثبات کوتاه مدت

آشکارساز VOC باطری‌دار، برای این آزمون‌ها، باید تا جایی که ممکن است از باتری‌های داخلی تغذیه گردد. در غیر این صورت، می‌توان از منبع تغذیه خارجی استفاده کرد.

آزمون پاسخ استاندارد بند ۵-۴-۱ باید پنج بار با فاصله s ۹۰۰ انجام شود. در پایان هر آزمون، نشان‌دهی نهایی باید برای گاز آزمون ثبت شود.

تغییر نشان‌دهی نهایی برای گاز آزمون باید از ٪ ۲۰ ± نشان‌دهی فراتر نباشد.

1-Permeation tube method

2-Offset

۵-۴-۳-۲ آزمون رانه[1]

آشکارساز VOC باید به طور مداوم در هوای پاک برای یک دوره ۸ h کار کند. زمان صفر باید هنگام پایان دوره گرم کردن، تعریف شود. در زمان صفر و پس از آن در پایان هر ۲ h، آزمون پاسخ استاندارد طبق بند ۵-۴-۱ باید انجام و نشان‌دهی نهایی برای گاز آزمون ثبت شود.

تغییرات نشان‌دهی نهایی برای گاز آزمون نباید از ٪ ۲۰± نشان‌دهی بیشتر باشد.

۵-۴-۴ آزمون دما

این آزمون باید در محفظه آزمونی انجام شود که قادر به حفظ دمای محیط اطراف آشکارساز VOC در محدوده°C ۲± دمای مشخص‌شده باشد. هنگامی که دما در داخل محفظه آزمون از جمله آشکارساز VOC به دمای مورد نظر برسد و تثبیت شود، آشکارساز VOC باید در معرض آزمون پاسخ استاندارد طبق بند ۵-۴-۱ بدون در نظر گرفتن شرایط دمایی بند مذکور قرار گیرد. در این آزمون باید از هوای پاک و گاز آزمون در همان دمای اتمسفر درون محفظه آزمون استفاده شود. به منظور جلوگیری از میعان، نقطه شبنم هوای پاک یا گاز آزمون باید در زیر پایین‌ترین دمای محفظه آزمون باشد و در طول آزمون ثابت نگه داشته شود. آشکارساز VOC باید در دماهای °C ۵ ، °C ۲۰ و °C ۴۰ آزمون شود.

تغییر نشان‌دهی نهایی به‌دست‌آمده از آزمون در هر دمای خاص از آن چه در دمای °C ۲۰ به دست آمده است، نباید از ٪۲۰± نشان‌دهی فراتر رود.

۵-۴-۵ آزمون فشار

اثر تغییر فشار باید با قرار دادن آشکارساز VOC در محفظه آزمونی مشاهده شود که تغییر فشار جو را میسر می‌سازد.

آزمون باید تحت شرایط بند ۵-۳ به استثنای فشار انجام شود. آزمون پاسخ استاندارد طبق بند ۵-۴-۱ باید در فشارهای kPa ۱۰۰، kPa ۸۰ وkPa ۱۱۰ با رواداری kPa ۳± انجام شود. فشار باید به مدت min ۵ پیش از شروع هر آزمون در سطوح مشخص‌شده حفظ گردد.

تغییر نشان‌دهی‌های نهایی در kPa ۸۰ و kPa ۱۱۰ از نشان‌دهی نهایی در kPa ۱۰۰ نباید از ٪ ۲۰± نشان‌دهی فراتر رود.

۵-۴-۶ آزمون رطوبت

آزمون باید تحت شرایط بند ۵-۳ به استثنای رطوبت انجام شود. آزمون پاسخ استاندارد بند ۵-۴-۱ باید در رطوبت‌های نسبی ٪ ۲۰، ٪۵۰ و ٪۸۰ با عدم قطعیتی که بزرگتر از ٪ ۳ نباشد، انجام شود. آشکارساز VOC باید در ابتدا در دمای °C ۲°C ± ۲۰ و رطوبت نسبی ٪ ۵۰ تثبیت شود. برای هر سطح رطوبت، آشکارساز VOC باید به مدت min ۱۵ یا بیشتر در معرض هوای پاک و پس از آن در معرض گاز آزمون با همان مقدار رطوبت قرار گیرد.

تغییر نشان‌دهی نهایی در رطوبت‌های نسبی ٪ ۲۰ و ٪ ۸۰ از نشان‌دهی نهایی در رطوبت نسبی ٪ ۵۰ نباید از ٪ ۳۰± نشان‌دهی فراتر نرود.

1-Drift test

۵-۴-۷ آزمون سرعت هوا

این آزمون باید برای آشکارسازهای نوع انتشار انجام شود. اثرات سرعت هوا باید با قرار دادن آشکارساز VOC در محفظه جریان مناسب برای استفاده از هوای پاک و گاز آزمون ارزیابی شود. ورودی گاز آشکارساز VOC باید در راستای جهت جریان هوا به شرح زیر باشد:

الف- سنسور به طور مستقیم در جهت جریان؛

ب- سنسور دور از جهت جریان؛

پ- سنسور در جهت عمود بر جریان.

جهت‌های جریانی که به صراحت در راهنمای دستورالعمل سازنده ممنوع شده است، باید از آزمون حذف شوند. جهت‌های جریانی که به احتمال زیاد در عمل با توجه به طراحی آشکارساز VOC، مطلوب نیستند، می‌توانند از آزمون حذف شوند. همه این موارد باید در گزارش آزمون ثبت شود.

آزمون پاسخ استاندارد شرح داده شده در بند ۵-۴-۱ باید انجام و نشان‌دهی نهایی برای آزمون گاز ثبت شود. اندازه‌گیری‌ها باید در شرایطی از قبیل سرعت هوا ۰٫۳ m/s و ۰٫۱ m/s با رواداری ۰٫۰۵ m/s± انجام شود.

تغییر در نشان‌دهی نهایی در سرعت هوای ۰٫۳ m/s و ۰٫۱ m/s از نشان‌دهی نهایی تحت سرعت هوای صفر باید از ٪ ۲۰± نشان‌دهی فراتر نرود.

۵-۴-۸ آزمون برای زمان پاسخ و زمان بازیابی

آشکارساز VOC باید در معرض تغییرات مرحله‌ای از هوای پاک تا گاز آزمون استاندارد و از گاز آزمون استاندارد تا هوای پاک قرار گیرد. زمان پاسخ t(۹۰) و مدت زمان بازیابی t(۱۰) باید اندازه‌گیری شود. فاصله جمع‌آوری داده‌ها باید کمتر از ۲ s برای ارزیابی t(۹۰) و t(۱۰) باشد. نتایج حاصل از آزمون آشکارساز VOC بدون حافظه یا ترمینال خروجی باید توسط روش دیگری مانند ضبط ویدئویی مستند شود. زمان پاسخ t(۹۰) باید ۳۰۰ s یا کمتر باشد. زمان بازیابی t(۱۰) باید ۶۰۰ s یا کمتر باشد.

یادآوری ۱- برای آشکارسازهای VOC که در شرایط مناسب اندازه‌گیری هستند، زمان پاسخ t(۹۰) فاصله زمانی بین زمان تغییر لحظه‌ای هوای پاک به گاز آزمون استاندارد در ورودی سنسور VOC دور فرمان یا آشکارسازهای VOC با سنسور VOC یکپارچه و زمان رسیدن پاسخ به مقدار ٪ ۹۰ نشان‌دهی نهایی برای گاز آزمون استاندارد است.

یادآوری ۲- برای آشکارسازهای VOC که در شرایط مناسب اندازه‌گیری هستند، زمان بازیابی t(۱۰) فاصله زمانی بین زمان تغییر لحظه‌ای از گاز آزمون استاندارد به هوای پاک در ورودی سنسور VOC دور فرمان یا آشکارسازهای VOC با سنسور VOC یکپارچه و زمان رسیدن پاسخ به ٪۱۰ نشان‌دهی نهایی برای گاز آزمون استاندارد است.

۵-۴-۹ آزمون مزاحمت[1]

حساسیت آشکارساز VOC به گازهای دیگر باید با استفاده از روش‌های آزمون مشخص شده در بند ۵-۴-۱ ارزیابی شود با این تفاوت که باید به گاز آزمون به مقدار mg/m^3 ۱۴۰ ± mg/m^3 ۲۸۰۰ کربن دی اکسید اضافه شود.

1- Interferent

آزمون مزاحمت کربن دی اکسید را برای آشکارسازهای نوع PID می‌توان حذف کرد. در صورت ذکر گازهای مزاحم و غلظت‌های مناسب آن‌ها توسط سازنده، پاسخ آشکارساز VOC باید برای این گازهای آزمون ارزیابی شود.

نشان‌دهی نهایی برای کربن دی اکسید باید از ٪ ۲۰ نشان‌دهی نهایی آزمون پاسخ استاندارد فراتر نرود.

۵-۴-۱۰آزمون مسمومیت

آشکارساز VOC در شرایط کاری باید به مدت ۶۰ min در معرض $۶٫۶\times۱۰^{۴}$ $\mu g/m^3$ ± $۲٫۲\times۱۰^{۴}$ $\mu g/m^3$ هگزامتیل‌دی‌سیلوکسان (HMDSO) [1] قرار گیرد. آزمون‌ها برای HMDSO را می‌توان با گاز خشک انجام داد.

در صورت ذکر گازهای مسموم‌کننده آشکارساز و غلظت‌های مناسب آن‌ها توسط سازندگان، آزمون مسمومیت باید با این گازها انجام شود.

آشکارساز VOC در شرایط کاری باید پس از دوره ۶۰ min، به مدت ۶۰ min در معرض هوای پاک قرار گیرد و به دنبال آن آزمون پاسخ استاندارد طبق بند ۵-۴-۱ اجرا شود.

تغییر نشان‌دهی نهایی آزمون پاسخ استاندارد پس از آزمون مسمومیت از نشان‌دهی نهایی آزمون پاسخ استاندارد قبل از آزمون مسمومیت باید از ٪ ۲۰± نشان‌دهی فراتر نرود.

۵-۴-۱۱ آزمون عملکرد در شرایط بالاتر از گستره اندازه‌گیری

آشکارساز VOC در شرایط کاری باید در معرض گاز آزمونی با ترکیب گاز یکسان با گاز آزمون استاندارد قرار گیرد. غلظت گاز آزمون برای مدت زمان ۳ min باید ۱٫۵ برابر بیشتر از حد بالای گستره اندازه‌گیری باشد، به شرطی که غلظت از حد پایین انفجار فراتر نرود. آشکارسازهای VOCپس از آن باید در معرض هوای پاک به مدت ۲۰ min و به دنبال آن آزمون پاسخ استاندارد بند ۵-۴-۱ قرار گیرد.

تغییر نشان‌دهی نهایی آزمون پاسخ استاندارد پس از آزمون عملکرد در شرایط بالاتر از گستره اندازه‌گیری از نشان‌دهی نهایی آزمون پاسخ استاندارد قبل از آزمون عملکرد در شرایط بالاتر از گستره اندازه‌گیری نباید از ٪ ۲۰± نشان‌دهی بیشتر باشد.

۵-۴-۱۲ آزمون سقوط

آشکارسازها باید قبل و در پایان آزمون، در معرض هوای پاک و به دنبال آن، آزمون پاسخ استاندارد طبق بند ۵-۴-۱ قرار گیرند. آشکارسازهای بسته‌بندی‌شده باید از ارتفاع ۱ m (برای نوع متحرک) یا ۰٫۳ m (برای نوع پورتابل) بالای سطح بتنی رها شود و اجازه سقوط آزاد پیدا کند. اگر سازنده توصیه کند که آشکارساز در جعبه حمل و نقل مورد استفاده قرار گیرد، آزمون باید با این جعبه انجام شود.

۵-۴-۱۳ آزمون ارتعاشات

۵-۴-۱۳-۱ تجهیزات آزمون

دستگاه آزمون ارتعاش باید متشکل از یک میز ارتعاش‌کننده قادر به تولید ارتعاش‌هایی با فرکانس متغیر و دامنه ارتعاش[2] متغیر (پیک به پیک)، با آشکارسازهای آزمون نصب شده در محل، به شکلی که در روش‌های آزمون زیر مورد نیاز است، باشد.

1- Hexamethyldisiloxane
2-Displacement

۵-۴-۱۳-۲ روش‌های آزمون

آشکارساز بسته‌بندی‌شده باید روی میز ارتعاش به همان شیوه در نظر گرفته شده برای بهره‌برداری نصب شود (از جمله با استفاده از هر گونه ابزار که به عنوان قسمت‌های استاندارد آشکارسازها منظور شده است، برای مثال پایه‌های انعطاف‌پذیر، حامل‌ها یا ابزارهای نگهدارنده).

آشکارساز بسته‌بندی‌شده باید انرژی‌دار شود و بر ماشین آزمون ارتعاش نصب شود و به ترتیب در هر یک از سه سطح موازی مرتبط با هر یک از سه محور اصلی آشکارسازها به ارتعاش درآید. آشکارسازهای بسته‌بندی شده باید در محدوده فرکانس مشخص‌شده در پیک شتاب ثابت و انحراف[1] ارتعاش مشخص‌شده در بند ۵-۴-۱۳-۳، به مدت ۱ h در هر سه سطح عمودی متقابل مرتعش گردد. نرخ تغییر فرکانس باید از ۱۰ Hz/min فراتر نرود. آزمون پاسخ استاندارد طبق بند ۵-۴-۱ باید قبل و در پایان آزمون ارتعاش، انجام شود.

۵-۴-۱۳-۳ سطوح ارتعاش

برای آشکارسازهای بسته‌بندی‌شده، ارتعاش باید به شرح زیر باشد:

الف- ۱۰ Hz هرتز تا ۳۰ Hz، انحراف کل ۱٫۰ mm؛

ب- ۳۱ Hz تا ۱۵۰ Hz، پیک شتاب ۱۹٫۶ m/s^2.

۵-۴-۱۴ آزمون نوسانات منبع تغذیه

آشکارسازهای VOC باید تحت شرایط عادی مشخص‌شده در بند ۵-۳، در ولتاژ تغذیه اسمی که توسط سازنده به عنوان ولتاژ عامل آشکارسازهای VOC پیشنهاد شده است، و حسب اقتضاء، فرکانس رده‌بندی‌شده راه‌اندازی شوند. آزمون پاسخ استاندارد طبق بند ۵-۴-۱ باید در هر دو ٪ ۸۰ پایین‌ترین ولتاژ تغذیه اسمی و ٪ ۱۱۵ بالاترین ولتاژ تغذیه اسمی انجام شود.

در صورتی که سازنده آشکارساز VOC محدوده ولتاژ تغذیه‌ای غیر از موارد مشخص‌شده در بالا را، مشخص کرده باشد، آشکارساز VOC باید در حدودهای بالا و پایین ولتاژ تغذیه مشخص‌شده توسط سازنده، آزمون شود.

آشکارسازهای باطری‌دار را می‌توان از آزمون نوسانات منبع برق حذف کرد.

تغییر نشان‌دهی‌های نهایی در ٪ ۸۰ و ٪۱۱۵ ولتاژ تغذیه اسمی از نشان‌دهی نهایی در ولتاژ اسمی نباید ٪ ۲۰ ± از نشان‌دهی فراتر رود.

۵-۴-۱۵ آزمون مصونیت در برابر پالس‌های الکتریکی تندگذر/رگباره

آشکارساز VOC باید تحت شرایط عادی مشخص‌شده در بند ۵-۳ تنظیم شود. آشکارسازهای VOC باید طبق استاندارد ملی ایران شماره ۴-۴-۷۲۶۰، در سطح آزمون ۲ آزمون شود. روش آزمون برای آزمون نوع باید استفاده شود. مدت زمان آزمون باید ۱ min برای هر مسیر یا ترمینال مورد آزمون باشد. آشکارسازهای VOC باید در این آزمون در معرض هوای پاک قرار گیرند.

1-Excursion

۵-۴-۱۶ آزمون مصونیت در برابر میدان الکترومغناطیسی

آشکارسازهای VOC باید در معرض آزمون‌های مصونیت تابشی EMC مشخص‌شده در استاندارد ملی ایران شماره۳-۴-۷۲۶۰ و استاندارد IEC 61000-4-1 قرار گیرند. الزامات آزمون باید با سطح ۲ و شدت میدان آزمون از ۳ V/m انجام شود.

۵-۴-۱۷ آزمون ظرفیت باطری

آشکارسازها باید با یک باتری به طور کامل شارژشده در ابتدای آزمون، در هوای پاک برای یکی از فواصل زمانی اشاره شده در زیر به کار گرفته شوند:

الف- ۸ h، اگر دارای سوئیچ روش/خاموش با عاملیت کاربر باشند؛

ب- ۱۰ h، اگر فاقد سوئیچ باشند؛

پ- هر زمان طولانی‌تر دیگر مشخص‌شده توسط سازنده.

در پایان دوره مشخص‌شده، آزمون پاسخ استاندارد باید طبق بند ۵-۴-۱ انجام شود.

۶ گزارش آزمون

هر گزارش آزمون باید حداقل شامل اطلاعات زیر باشد، مگر این که آزمایشگاه دلایل معتبری برای عدول از ارائه پاره‌ای از اطلاعات داشته باشد:

۶-۱ عنوان؛

۶-۲ نام و نشانی آزمایشگاه؛

۶-۳ شناسه‌گذاری منحصر به فرد گزارش آزمون (مانند شماره سری)، و در هر صفحه یک شناسه به منظور حصول اطمینان از شناسایی صفحه به عنوان بخشی از گزارش آزمون و شناسایی روشن پایان گزارش آزمون؛

۶-۴ نام و نشانی مشتری؛

۶-۵ شناسه‌گذاری روش مورد استفاده؛

۶-۶ شرح، شرایط، و شناسایی بدون ابهام اقلام آزمون‌شده؛

۶-۷ جزء (ها) گاز و غلظت گاز آزمون مورد استفاده؛

۶-۸ روش آزمون؛

۶-۹ تاریخ دریافت اقلام آزمون مواقعی که از نظر اعتبار و کاربرد نتایج حائز اهمیت باشد؛

۶-۱۰ نتایج آزمون؛

۶-۱۱ نام (ها)، سمت (ها)، و امضا (ها) یا شناسه‌های اشخاص تصویب‌کننده گزارش آزمون؛

نسخ فیزیکی گزارش آزمون باید شماره صفحه و تعداد کل صفحات را دارا باشد.

پیوست الف

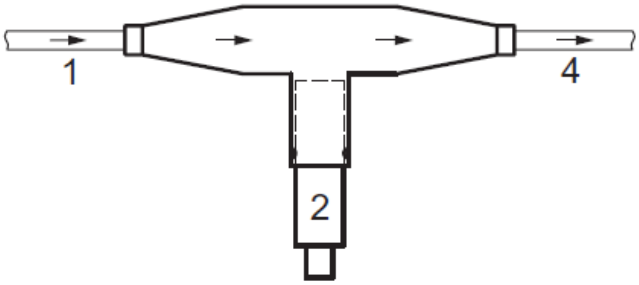
(اطلاعاتی)

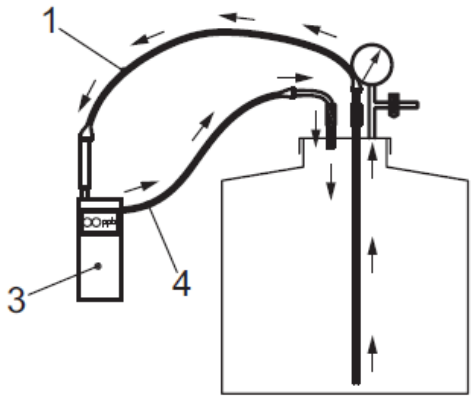
بررسی اجمالی الزامات مربوط به عملکرد

جدول الف۱- الزامات عملکردی

زیربند	آزمون	حدود دستگاهی
۵-۴-۳-۱	آزمون ثبات کوتاه مدت	تغییر در نشان‌دهی نهایی: ٪ ۲۰± نشان‌دهی
۵-۴-۳-۲	آزمون رانه	تغییر در نشان‌دهی نهایی: ٪ ۲۰± نشان‌دهی
۵-۴-۴	آزمون دما	٪ ۲۰± نشان‌دهی از $^{\circ}C$ ۲۰ (آزمون $^{\circ}C$ ۵، $^{\circ}C$ ۲۰ و $^{\circ}C$ ۴۰)
۵-۴-۵	آزمون فشار	٪ ۲۰± نشان‌دهی از kPa ۱۰۰ (آزمون kPa ۸۰، kPa ۱۰۰ و kPa ۱۱۰)
۵-۴-۶	آزمون رطوبت	٪ ۳۰± نشان‌دهی از ٪ ۵۰ RH (آزمون ٪ ۲۰ RH، ٪ ۵۰ RH و ٪ ۸۰ RH)
۵-۴-۷	آزمون سرعت هوا	٪ ۲۰ ± نشان‌دهی از m/s ۰ (آزمون m/s ۰٫۳، m/s ۰٫۱)
۵-۴-۸	آزمون برای زمان پاسخ و زمان بازیابی	t (90) در کمتر از s ۳۰۰ t (10) در کمتر از s ۶۰۰
۵-۴-۹	آزمون مزاحمت	تغییر در نشان‌دهی نهایی برای گاز آزمون: کمتر از ٪ ۲۰ نشان‌دهی گاز آزمون پاسخ استاندارد
۵-۴-۱۰	آزمون سمیت	تغییر در نشان‌دهی نهایی پس از آزمون: ٪ ۲۰± نشان‌دهی
۵-۴-۱۱	عملکرد فراتر از آزمون گستره اندازه‌گیری	تغییر در نشان‌دهی نهایی پس از آزمون: ٪ ۲۰± نشان‌دهی
۵-۴-۱۴	آزمون نوسانات منبع تغذیه	٪ ۲۰ نشان‌دهی از ٪ ۱۰۰ ولتاژ تغذیه اسمی (آزمون ٪ ۸۰، ٪ ۱۰۰، ٪ ۱۱۵)

پیوست ب
(اطلاعاتی)
تجهیزات آزمون





rking prohibited.

راهنما

1 ورودی گاز

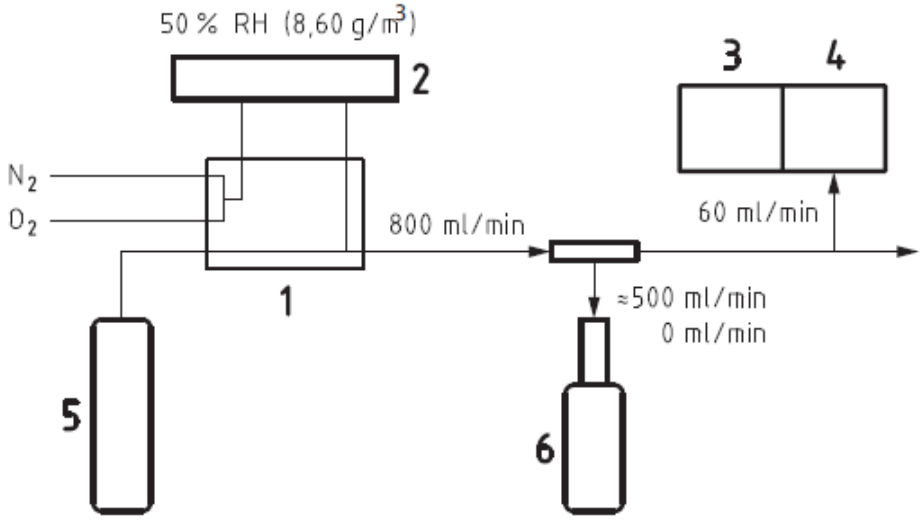
2 پروب سنسور*

3 آشکارساز VOC

4 خروجی گاز

* Sensor probe

شکل ب۱- نوع ماسک (چپ)، نوع محفظه (راست)



راهنما

1 مخلوط گاز

2 رطوبت‌ساز، مجهز به کنترل‌کننده حرارتی، که فشار بخار آب اشباع‌شده را کنترل می‌کند تا رطوبت نسبی را در مقادیر ٪ ۲۰، ٪ ۵۰، یا ٪ ۸۰ در دمای استاندارد (۲۰ °C) برقرار کند.

3 GC-MS

4 کندانسور گاز

5 سیلندر گاز یا سیستم تولید گاز

6 آشکارساز VOC (آشکارساز نیمه‌هادی، آشکارساز فوتویونیزاسیون، آشکارساز بازتاب تداخل تشدیدشده)

شکل ب۲- نوع جریانی

پیوست پ
(الزامی)
انتخاب گاز آزمون

پ-۱ آشکارسازهای VOC

این مطالعه بر روی سه آشکارساز VOC رایج انجام شد تا اجزای گاز آزمون بهینه برای هر کدام از آن‌ها تعیین شود. سه آشکارساز VOC رایج با اصول آشکارسازی مختلف (نیمه‌هادی اکسید فلزی، PID، و IER) مورد استفاده قرار گرفت.

پ-۱-۱ آشکارساز با حساسیت بالا

پ-۱-۱-۱ نیمه‌هادی اکسید فلزی: پایشگر TVOC دستی FTVR-01؛

پ-۱-۱-۲ PID : ppbRAE3000، مجهز به لامپ eVUV ۱۰/۶.

پ-۱-۲ آشکارساز با حساسیت پایین

پ-۱-۲-۱ IER: سنسور VOC دستی VOC-121H.

جدول پ۱ نشان‌دهنده مشخصات مهم سه نوع آشکار ساز است. خواص اصلی این آشکارسازها، از قبیل حد تشخیص، تفکیک، درستی، دما، و رطوبت، در این مطالعه تصدیق نشدند. از این رو، شرایط اندازه‌گیری خواص حسگری گاز، برای مثال دما و رطوبت، طبق مشخصات آشکارسازهای پورتابل، توصیف‌شده در بند پ-۴ ثابت نگهداشته شدند. آشکارسازهای نیمه‌هادی اکسید فلزی و PID می‌تواند سطوح VOC را در خانه و اداره (تا $۴/۱ \times ۱۰^{۳}$ µg/m^3؛ معادل تولوئن) و سطح VOC محیط کار (تا $۴/۱ \times ۱۰^{۴}$ µg/m^3؛ معادل تولوئن) پایش کند. آشکارساز IER می‌تواند تا سطوح یافته‌شده در محیط کار را پایش نماید. در یک مطالعه، آشکارسازهای نیمه‌هادی اکسید فلزی و PID تا سطوح تقریبی $۴/۱ \times ۱۰^{۴}$ µg/m^3 و آشکارساز IER تا سطوح بین $۴/۱ \times ۱۰^{۳}$ µg/m^3 و $۱/۴ \times ۱۰^{۴}$ µg/m^3 آزمون شدند.

جدول پ۱-مشخصات مهم سه نوع آشکارساز VOC

	FTVR-01	PpbRAE3000	VOC-121H
اساس	نیمه‌هادی اکسید فلزی	PID	IER
گستره	خود گستره[a] ۱ µg/m^3- ۱۰۰۰ µg/m^3 ۱ µg/m^3- ۱۰۰۰۰ µg/m^3	خود گستره ۰ µg/m^3- $۲/۵ \times ۱۰^{۴}$ µg/m^3 $۲/۵ \times ۱۰^{۴}$ µg/m^3- $۲/۵ \times ۱۰^{۵}$ µg/m^3 $۲/۵ \times ۱۰^{۵}$ µg/m^3- $۲/۵ \times ۱۰^{۶}$ µg/m^3 $۲/۵ \times ۱۰^{۶}$ µg/m^3- $۲/۵ \times ۱۰^{۷}$ µg/m^3 (اکی والان ایزوبوتیلن)	خود گستره $۴/۱ \times ۱۰^{۳}$ µg/m^3- $۴/۱ \times ۱۰^{۵}$ µg/m^3 $۱/۰ \times ۱۰^{۵}$ µg/m^3- $۱/۰ \times ۱۰^{۷}$ µg/m^3 (معادل تولوئن)
تفکیک	۱ µg/m^3	۲/۵- µg/m^3 ۲۵- µg/m^3 ۲۵۰- µg/m^3 ۲۵۰۰- µg/m^3	۴۱۰µg/m^3
درستی	ارائه نشده	ارائه نشده	٪ ۲۰± نشان‌دهی نهایی

ادامه جدول پ۱-مشخصات مهم سه نوع آشکارساز VOC			
زمان اندازه‌گیری	۱ min	چند ثانیه	۱۰ s تا ۳۰ s
دما	۰ °C تا ۴۰ °C	۲۰- °C تا ۵۰ °C	۵ °C تا ۵۰ °C
رطوبت	۵ ٪ RH تا ۹۵ ٪ RH	۰ ٪ RH تا ۹۵ ٪ RH	۱۰ ٪ RH تا ۹۵ ٪ RH
[a] Auto range			

پ-۲ گاز مخلوط‌شده VOC شبیه‌سازی‌شده

در این مطالعه، گاز مخلوط‌شده VOC شبیه‌سازی‌شده متشکل از ۳۱ جزء VOC بررسی شد. تلاشی به عمل آمد تا غلظت هر جزء VOC یکسان باشد چرا که تعیین غلظت‌های رایج در ساختمان‌ها مشکل است. جدول پ۲ نشان‌دهنده غلظت‌های هر جزء در گاز شبیه‌سازی‌شده مناسب است. ۲۲ VOC کنارگذاشته‌شده، نمایانگر همولوگ‌های شیمیایی بودند، از این رو، غلظت برخی از VOCها بالاتر از بقیه است. دو محدودیت برای آماده‌سازی سیلندر گاز مخلوط‌شده VOC به دلایل زیر وجود دارد:

الف- اجزای VOC با فشار بخار اشباع‌شده کم نمی‌تواند در سیلندر گاز گنجانده شود؛

ب- غلظت هر جزء VOC می‌تواند به صورت افزایش‌های کنترل‌شده‌ای از کمترین غلظت هر VOC باشد، از قبیل $\mu g/m^3$ $۱٫۷ \times ۱۰^{۳}$ بنزن، $\mu g/m^3$ $۳٫۵ \times ۱۰^{۳}$ آن دکان نرمال، و $\mu g/m^3$ $۷٫۸ \times ۱۰^{۲}$ دودکان نرمال کنترل شود.

به خاطر این محدودیت‌ها، ۳۱ نوع گاز مخلوط‌شده VOC به عنوان گاز مخلوط‌شده VOC شبیه‌سازی‌شده طراحی شده‌اند.

جدول پ۲-جزء و غلظت گاز مخلوط VOC شبیه‌سازی‌شده درون سیلندر

گروه‌ها	نام	غلظت $\mu g/m^3$
هیدروکربن‌های آروماتیک	بنزن	$۱٫۷ \times ۱۰^{۳}$
	تولوئن	$۲٫۱ \times ۱۰^{۳}$
	اورتو-زایلن	$۲٫۴ \times ۱۰^{۳}$
	متا-زایلن	$۲٫۴ \times ۱۰^{۳}$
	استایرن	$۲٫۴ \times ۱۰^{۳}$
	اتیل بنزن	$۲٫۴ \times ۱۰^{۳}$
	پروپیل بنزن نرمال	$۲٫۷ \times ۱۰^{۳}$
	۱، ۲، ۳- تری متیل بنزن	$۲٫۷ \times ۱۰^{۳}$
	۱، ۲، ۴- تری متیل بنزن	$۲٫۷ \times ۱۰^{۳}$
	۱، ۲، ۵- تری متیل بنزن	$۲٫۷ \times ۱۰^{۳}$
	اورتو-اتیل تولوئن	$۲٫۷ \times ۱۰^{۳}$

ادامه جدول پ۲-جزء و غلظت گاز مخلوط VOC تحریک‌شده درون سیلندر		
گروه‌ها	**نام**	**غلظت** $\mu g/m^3$
هیدروکربن‌های خطی	هگزان نرمال	$۲/۰ \times ۱۰^۳$
	۲- متیل پنتان	$۲/۰ \times ۱۰^۳$
	۳- متیل پنتان	$۲/۰ \times ۱۰^۳$
	هپتان نرمال	$۲/۳ \times ۱۰^۳$
	۲، ۴- دی متیل پنتان	$۲/۳ \times ۱۰^۳$
	اکتان نرمال	$۲/۶ \times ۱۰^۳$
	۲، ۲، ۴- تری متیل پنتان	$۲/۶ \times ۱۰^۳$
	نونان نرمال	$۲/۹ \times ۱۰^۳$
	دکان نرمال	$۳/۲ \times ۱۰^۳$
	آن دکان نرمال	$۳/۶ \times ۱۰^۳$
	دودکان نرمال	$۷/۸ \times ۱۰^۳$
آلکان‌های حلقوی	متیل سیکلوپنتان	$۱/۹ \times ۱۰^۳$
	سیکلوهگزان	$۱/۹ \times ۱۰^۳$
	متیل سیکلوهگزان	$۲/۲ \times ۱۰^۳$
ترپن‌ها	آلفا-پینن	$۳/۱ \times ۱۰^۳$
	بتا-پینن	$۳/۱ \times ۱۰^۳$
	(+) -لیمونن	$۳/۱ \times ۱۰^۳$
کتون‌ها	متیل ایزوبوتیل کتون	$۱/۴ \times ۱۰^۴$
هیدروکربن‌های هالوژنه	پارا-دی کلروبنزن	$۳/۳ \times ۱۰^۳$
استرها	بوتیل استات	$۵/۲ \times ۱۰^۳$
	کل	$۹/۰۷ \times ۱۰^۴$
یادآوری- گاز مورد استفاده در فضای سیلندر، نیتروژن بود.		

پ-۳ گزینه‌های مورد نظر برای گاز آزمون برای آشکارساز VOCها

گازهای آزمون شامل تعداد محدودی از اجزاء برای آشکارسازهای PID، نیمه‌هادی، و IER مورد استفاده قرار گرفتند. سنسورهای VOC نوع نیمه‌هادی برای ۴۰ نوع VOCهای منفرد در مراجع شماره ۱۲ و ۱۳ کتابنامه، گزارش شده‌اند. بر اساس همین گزارش قابلیت پاسخ‌دهی این سنسورها را می‌توان در هفت گروه شامل هیدروکربن‌های آروماتیک، هیدروکربن‌های خطی، ترپن‌ها، هالید، استر، آلدئید، و اکسی هیدروکربن-های دیگر تقسیم‌بندی کرد. از این رو، یک جزء از هر گروه در گاز مخلوط‌شده VOC شبیه‌سازی‌شده و شش نوع گاز مخلوط‌شده مورد بررسی به عنوان گزینه‌های مورد نظر برای گاز آزمون (توجه کنید که آلدئید به خاطر پایداری کم حذف شده است) انتخاب شده بودند، همان طور که در جدول پ۳ نشان داده شده است.

برای آشکارسازهای PIDو IER «فاکتور تصحیح» برای هر جزء VOC ارائه شده است. در مورد پایشگری گاز هدف منفرد، حاصل‌ضرب مقدار نشان‌دهی و فاکتور تصحیح باید غلظت واقعی باشد. برای هر دو نوع

آشکارساز، فاکتور تصحیح هر VOC دارای تعداد کربن از شش تا ۱۶ می‌تواند در دو گروه طبقه‌بندی شود: هیدروکربن‌های اشباع و غیر اشباع (PID؛ به شکل پ۱ مراجعه کنید) و هیدروکربن‌های خطی و آروماتیک (آشکارساز IER؛ به شکل پ۲ مراجعه کنید). از این رو، دو نوع گاز مخلوط شامل متازایلن، و اکتان نرمال، به عنوان دو گزینه مورد نظر گاز آزمون (به جدول پ۳ مراجعه کنید) بررسی شدند. علاوه بر این، گاز تولوئن نیز به عنوان گزینه دیگری برای گاز آزمون مطرح شد.

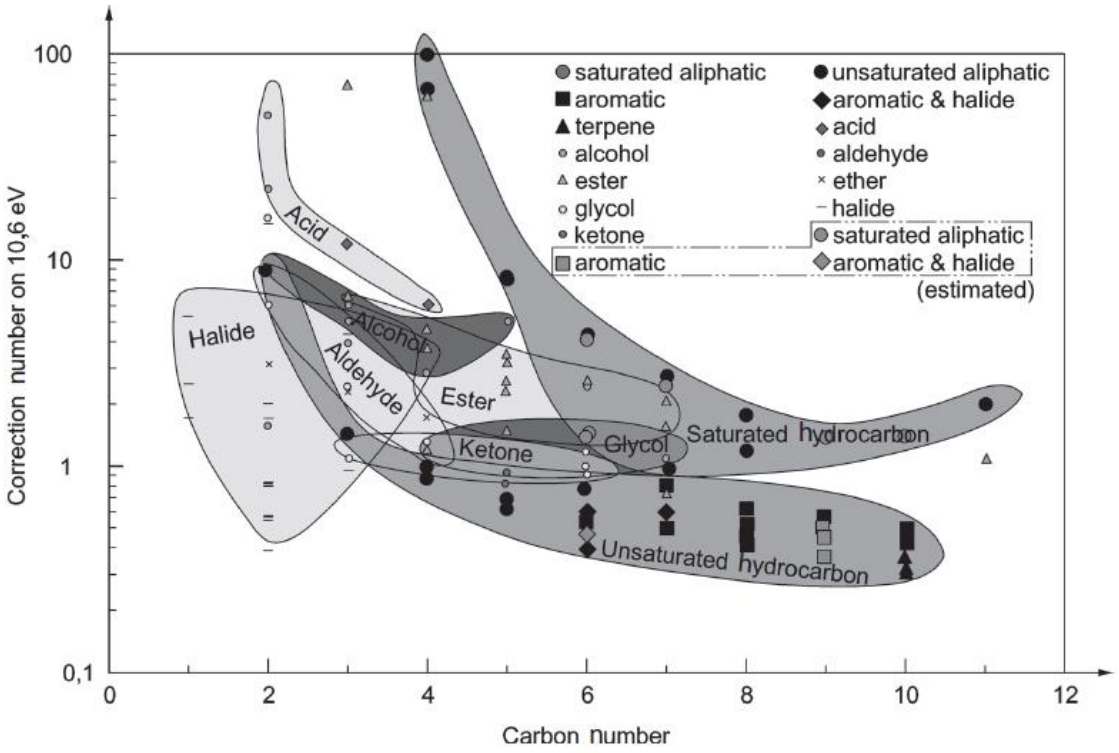
گزینه دیگری از گازهای آزمون شامل چهار نوع VOC، گازهای PM، PB و MB همان طور که در جدول پ۴ نشان داده شده است، با حذف دو جزء از شش نوع گاز مخلوط که پیش‌تر توصیف شده بود، تهیه شد.

جدول پ۳- جزء و غلظت شش نوع و دو نوع گاز مخلوط‌شده VOC و تولوئن درون سیلندر

گروه‌ها	نام	غلظت $\mu g/m^3$
شش نوع گاز مخلوط‌شده VOC		
هیدروکربن آروماتیک	تولوئن	$۱/۰ \times ۱۰^۴$
هیدروکربن خطی	دکان نرمال	$۱/۶ \times ۱۰^۴$
ترپن	آلفا-پینن	$۱/۵ \times ۱۰^۴$
کتون	متیل –ایزو بوتیل کتون	$۱/۱ \times ۱۰^۴$
هیدروکربن هالوژنه	پارا-دی کلرو بنزن	$۱/۶ \times ۱۰^۴$
استر	بوتیل استات	$۱/۳ \times ۱۰^۴$
	کل	$۸/۲ \times ۱۰^۴$
دو نوع گاز مخلوط VOC		
هیدروکربن اشباع‌شده هیدروکربن خطی	اکتان نرمال	$۴/۲ \times ۱۰^۴$
هیدروکربن غیراشباع هیدروکربن آروماتیک	متا زایلن	$۳/۷ \times ۱۰^۴$
	کل	$۷/۹ \times ۱۰^۴$
گاز تولوئن		
	تولوئن	$۷/۹ \times ۱۰^۴$
	کل	$۷/۹ \times ۱۰^۴$
یادآوری-گاز مورد استفاده در فضای سیلندر، نیتروژن بود.		

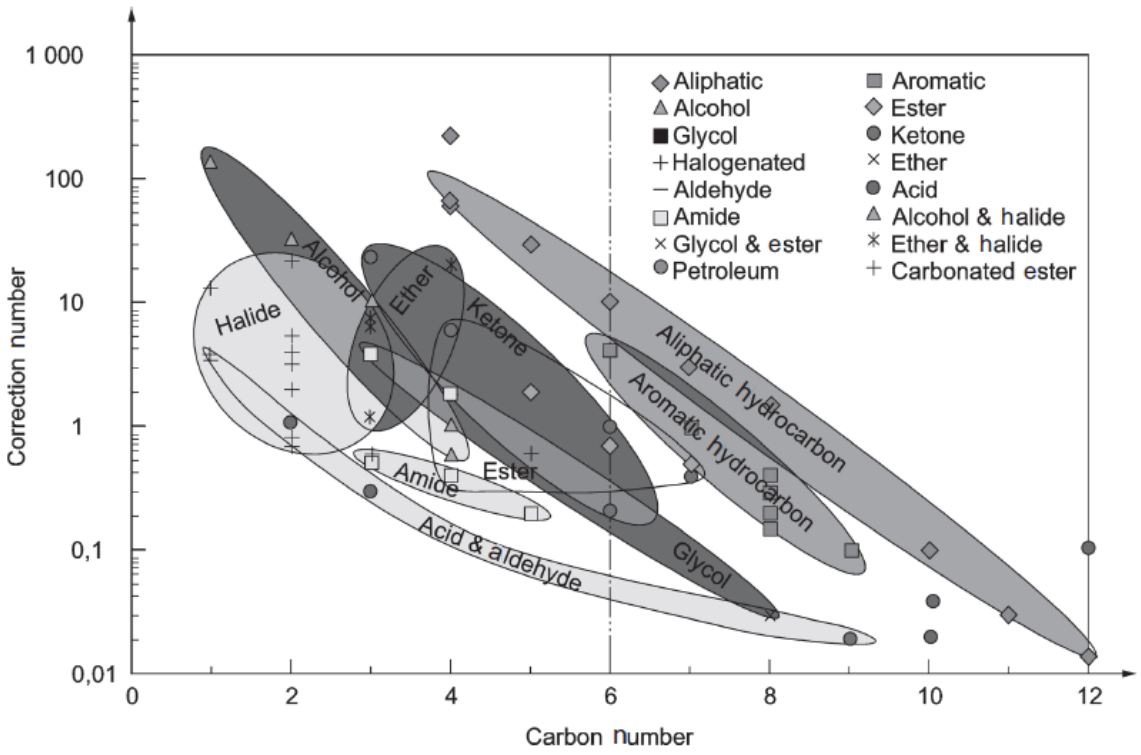
جدول پ۴- جزء و غلظت چهار نوع گاز مخلوط‌شده VOC، PM، PB و MB درون سیلندر

گروه‌ها	نام	غلظت $\mu g/m^3$
گاز PM		
هیدروکربن آروماتیک	تولوئن	$۱/۶ \times ۱۰^{۴}$
هیدروکربن خطی	دکان نرمال	$۲/۵ \times ۱۰^{۴}$
ترپن	آلفا-پینن	$۲/۴ \times ۱۰^{۴}$
کتون	متیل –ایزو بوتیل کتون	$۱/۸ \times ۱۰^{۴}$
	کل	$۸/۴ \times ۱۰^{۴}$
استر	بوتیل استات	$۱/۳ \times ۱۰^{۴}$
	کل	$۸/۴ \times ۱۰^{۴}$
گازPB		
هیدروکربن آروماتیک	تولوئن	$۱/۶ \times ۱۰^{۴}$
هیدروکربن خطی	دکان نرمال	$۲/۵ \times ۱۰^{۴}$
ترپن	آلفا-پینن	$۲/۴ \times ۱۰^{۴}$
استر	بوتیل استات	$۲/۱ \times ۱۰^{۴}$
	کل	$۸/۶ \times ۱۰^{۴}$
گاز MB		
هیدروکربن آروماتیک	تولوئن	$۱/۶ \times ۱۰^{۴}$
هیدروکربن خطی	دکان نرمال	$۲/۵ \times ۱۰^{۴}$
کتون	متیل –ایزو بوتیل کتون	$۱/۸ \times ۱۰^{۴}$
استر	بوتیل استات	$۲/۱ \times ۱۰^{۴}$
	کل	$۸/۱ \times ۱۰^{۴}$
یادآوری-گاز مورد استفاده در فضای سیلندر، نیتروژن بود.		



یادآوری- همه فاکتورهای تصحیح در برابر تعداد کربن ترسیم شده است.

شکل پ۱-فاکتور تصحیح هر جزء VOC روی PID (سیستم‌های RAE)



یادآوری- همه فاکتورهای تصحیح در برابر تعداد کربن ترسیم شده است.

شکل پ۲-فاکتور تصحیح هر جزء VOC روی آشکارساز IER (O.S.P.Inc.)

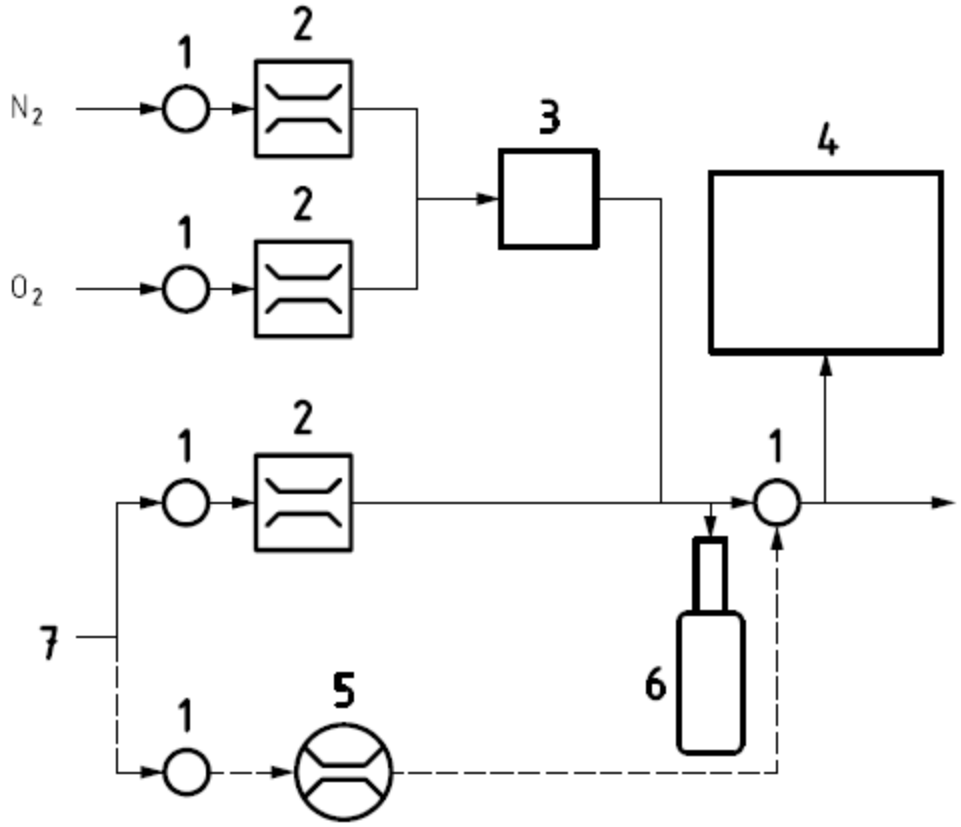
پ-۴ اندازه‌گیری‌ها

آشکارسازهای VOC در دستگاه‌های جریانی در دمای ۲۴ ° C ± ۲ ° C، همان طور که در شکل پ۳ نشان داده شده است، ارزیابی شدند. یک حباب‌ساز آبی مجهز به کنترل‌کننده حرارتی برای کنترل رطوبت در ٪ ۱۰ ± ٪ ۵۰ مورد استفاده قرار گرفت. یک لوله کوپلیمر تترافلوئورواتیلن پرفلوئوروآلکیل وینیل اتر (PFA)[1] به عنوان گذرگاه جریان پایین‌دستی از حباب‌ساز آب مورد استفاده قرار گرفت. لوله‌های پلی تترافلوئورواتیلن (PTFE)[2] و فولاد زنگ‌نزن به عنوان مسیرهای جریان دیگر مورد استفاده قرار گرفت. نرخ‌های جریان گازهای نیتروژن، اکسیژن، و VOC با کنترل‌کننده جریان جرمی کنترل شدند. نسبت N_2/O_2 همیشه تا ۴ و نرخ جریان کلی در ۸۰۰ ml/min تنظیم شده بود. داده‌های GC-MS توسط دستگاه GC-MS مجهز با واحد بازجذب حرارتی به دست آمد. کالیبراسیون GC-MS با استفاده از گازهای مخلوط VOC خام[3] از سیلندرهای گاز انجام شد. نرخ نمونه‌برداری گاز و زمان آن به ترتیب ml/min ۶۰ و min ۲ تا min ۶

1-Perfluoroalkylvinylether
2-Polyterafluoroethene
3-Raw

منظور از خام این است که تنظیمی در مورد دما و رطوبت و غیره صورت نمی‌گیرد.

بود. نمونه‌برداری گاز موقعی شروع شد که رقم نشان‌دهی آشکارسازهای VOC پورتابل، که می‌توانند پایش لحظه‌ای انجام دهند، ثابت ماند. مقادیر غلظت به‌دست‌آمده از GC-MS به اکی والان‌های تولوئن تبدیل شد. مقادیر نشان‌دهی از آشکارسازهای VOC پورتابل در همان زمان یعنی نمونه‌گیری GC-MS ثبت شد.



راهنما

1 دریچه

2 کنترل‌کننده جریان جرمی (MFC)

3 حباب‌ساز آبی

4 GC-MS

5 جریان‌سنج با دریچه سوزنی

6 آشکارساز VOC پورتابل

7 سیلندر گاز VOC

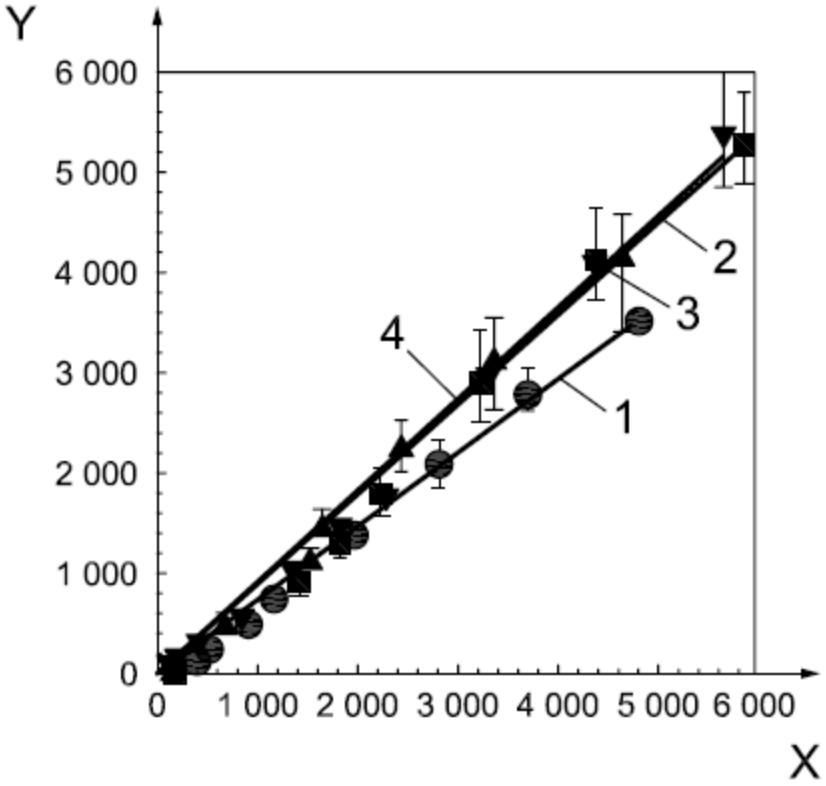
یادآوری- مسیر مشخص‌شده به صورت خط‌چین برای کالیبراسیون GC-MS استفاده شده است.

شکل پ۳-نمودار شماتیک تجهیزات آزمون

پ-۵ نتایج آشکارساز نیمه‌هادی

شکل پ۴ نشان‌دهی آشکارساز نیمه‌هادی را برای گاز مخلوط‌شده VOC شبیه‌سازی‌شده و گزینه‌های مورد نظر برای گازهای آزمون را نشان می‌دهد. تفاوت نشان‌دهی‌ها بین گاز مخلوط‌شده VOC شبیه‌سازی‌شده و

تولوئن، دو نوع VOC مخلوط‌شده و شش نوع گاز مخلوط‌شدهVOC به ترتیب عبارت بودند از: ٪ ۱۸٫۱- ، ٪ ۱٫۶- و ۰٫۴۶- . از این رو، دو نوع VOC مخلوط‌شده و شش نوع گاز مخلوط‌شده VOC برای گاز آزمون مناسب هستند. با درنظر گرفتن موضوع هزینه، گاز مخلوط‌شده با کمترین اجزاء بهتر است. افزون بر این، ستون‌های خطای دو نوع و شش نوع از گازهای مخلوط‌شده VOC بزرگتر از تفاوت بین دو و شش نوع گازهای مخلوط VOC بودند. از این رو، دو نوع گاز مخلوط‌شده VOC مناسب‌ترین گاز آزمون برای آشکارساز نیمه هادی است.



راهنما

1 تولوئن

2 شش نوع گاز مخلوط‌شده VOC

3 دو نوع گاز مخلوط‌شده VOC

4 گاز مخلوط‌شده VOC شبیه‌سازی‌شده

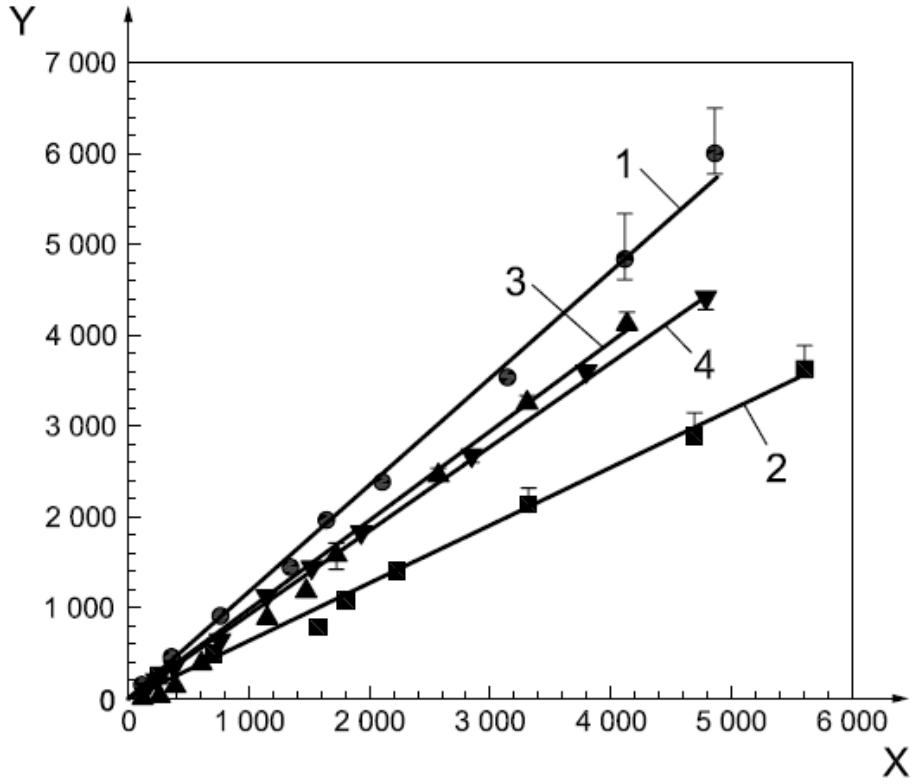
X GC-MS (اکی والان تولوئن، $\mu g/m^3$)

Y آشکارساز نیمه‌هادی (اکی والان تولوئن، $\mu g/m^3$)

شکل پ۴- نشان‌دهی آشکارساز نیمه‌هادی برای گاز مخلوط‌شده VOC و گزینه‌های مورد نظر برای گازهای آزمون

پ-۶ نتایج PID

شکل پ۵ نشان‌دهی PID را برای گاز مخلوط‌شده VOC شبیه‌سازی‌شده و گزینه‌های مورد نظر برای گازهای آزمون را نشان می‌دهد. نشان‌دهی PID با اکی والان ایزوبوتیلن مطابقت دارد، چرا که سازنده، ایزوبوتیلن را به عنوان گاز کالیبراسیون استاندارد توصیه می‌کند. تفاوت نشان‌دهی‌ها بین گاز مخلوط‌شده VOC شبیه‌سازی-شده و تولوئن، دو نوع گاز VOC مخلوط‌شده و شش نوع گاز VOC مخلوط به ترتیب عبارتند از ٪ ۲۷٫۹، ٪ ۳۱٫۶ - و ٪ ۴٫۹. از این رو، شش نوع گاز مخلوط‌شده VOC مناسب‌ترین نوع گاز آزمون است.



راهنما

1 تولوئن

2 دو نوع گاز مخلوط‌شده VOC

3 شش نوع گاز مخلوط‌شده VOC

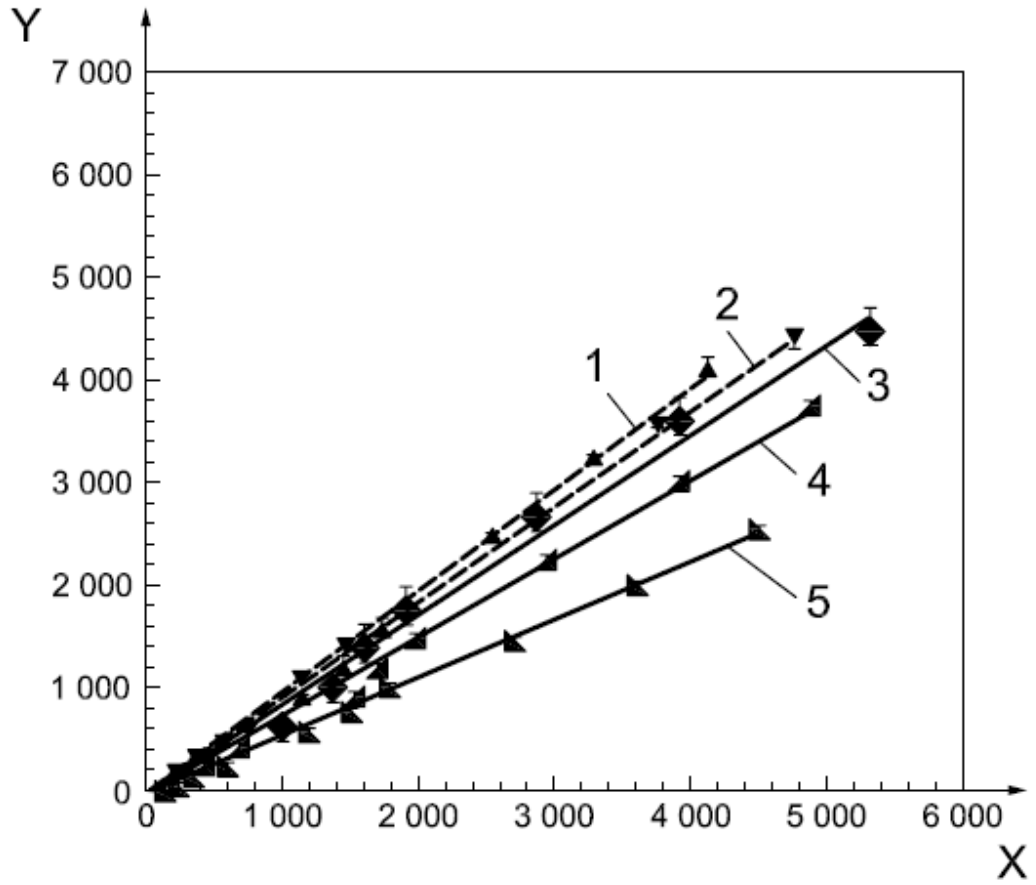
4 گاز مخلوط‌شده VOC شبیه‌سازی‌شده

X GC-MS (اکی والان تولوئن، $\mu g/m^3$)

Y PID (اکی والان ایزوبوتیلن، $\mu g/m^3$)

شکل پ۵- نشان‌دهی آشکارساز نوع PID و سیستم مرجع GC-MS برای مخلوط‌های مختلف گاز آزمون VOC

شکل پ۶ نشان‌دهی PID را برای گازهای PM، BP، MB نشان می‌دهد. تفاوت نشان‌دهی‌ها بین گاز مخلوط‌شده VOC شبیه‌سازی‌شده و گازهای PM، BP، MB به ترتیب عبارتند از ٪ ۴٫۲-، ٪ ۱۸٫۵-، و ٪ ۳۹٫۷- . از این رو، شش نوع گاز مخلوط VOC مناسب‌ترین گاز آزمون است. گاز PM مناسب‌ترین گاز آزمون بین گزینه‌های مورد نظر از گازهای آزمون است.



راهنما

1 شش نوع گاز مخلوط‌شده VOC

2 گاز مخلوط‌شده VOC شبیه‌سازی‌شده

3 گاز PM

4 گاز BP

5 گاز MB

X GC-MS (اکی والان تولوئن، $\mu g/m^3$)

Y PID (اکی والان ایزوبوتیلن، $\mu g/m^3$)

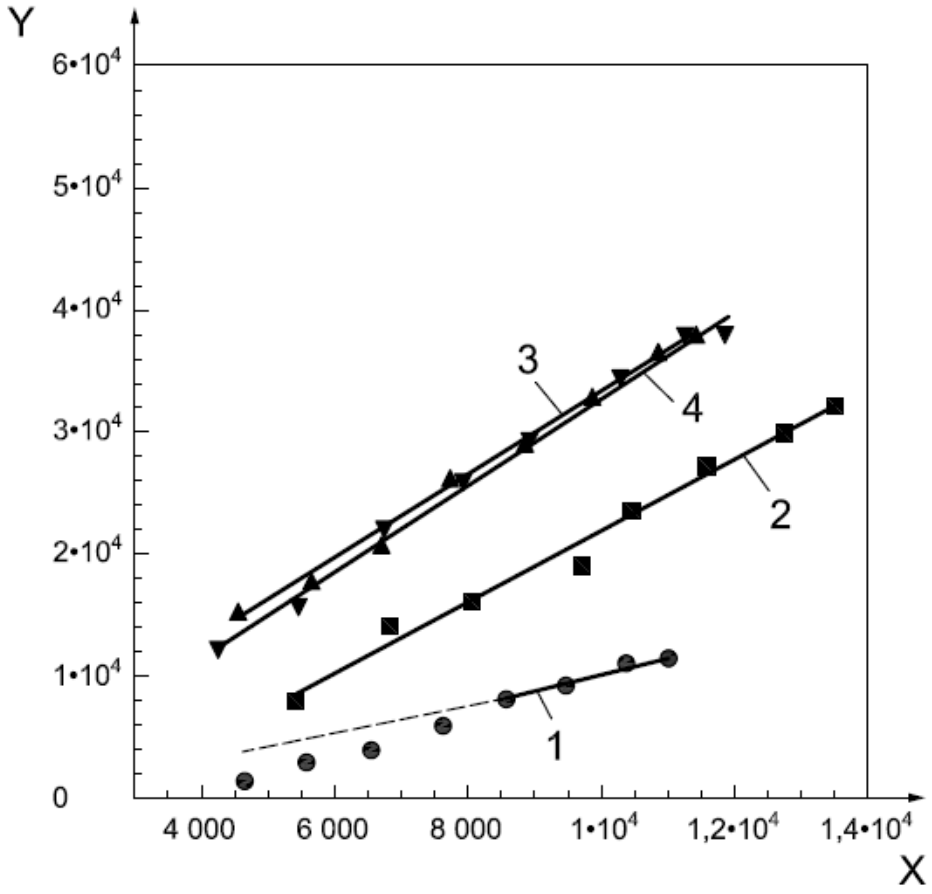
شکل پ۶- نشان‌دهی آشکارساز نوع PID و سیستم مرجع GC-MS برای مخلوط‌های مختلف گاز آزمون VOC و گازهای PM، BP و MB

پ-۷ نتایج آشکارساز IER

شکل پ۷ نشان‌دهی آشکارساز IER را برای گاز مخلوط‌شده VOC شبیه‌سازی‌شده و گزینه‌های دیگر مورد نظر برای گازهای آزمون را نشان می‌دهد. نشان‌دهی آشکارساز IER با اکی والان تولوئن مطابقت دارد، زیرا سازنده، تولوئن را به عنوان یک گاز کالیبراسیون استاندارد توصیه می‌کند. تفاوت نشان‌دهی‌ها بین گاز

مخلوط‌شده VOC شبیه‌سازی‌شده و تولوئن، دو نوع VOC مخلوط و شش نوع گازهای مخلوط VOC به ترتیب عبارتند از: ٪ ۶۸٫۷ - ، ٪ ۳۱٫۵ -، و ٪ ۲٫۳. از این رو، شش نوع گاز مخلوط‌شده VOC مناسب‌ترین گاز آزمون است.

شکل پ۸ نشان‌دهی آشکارساز PID را برای گازهای PM، PB و MB نشان می‌دهد. تفاوت نشان‌دهی‌ها بین گاز مخلوط‌شده VOC شبیه‌سازی‌شده و گازهای PM، PB و MB به ترتیب عبارتند از: ٪ ۴۲٫۲-، ٪ ۳۷٫۹-، و ٪ ۳۰٫۹-. نشان‌دهی‌ها برای همه چهار نوع گاز مخلوط‌شده در مقایسه با نشان‌دهی‌های شش نوع گاز مخلوط‌شده خیلی کمتر بودند.



راهنما

1 تولوئن

2 دو نوع گاز مخلوط‌شده VOC

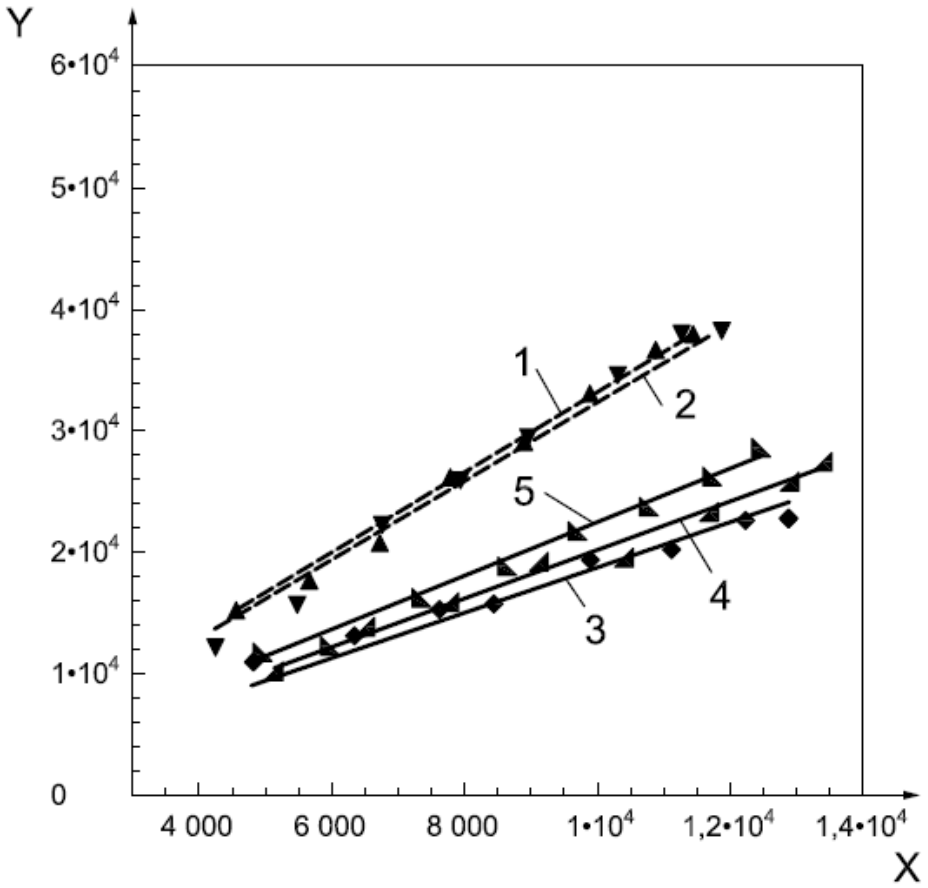
3 شش نوع گاز مخلوط‌شده VOC

4 گاز مخلوط‌شده VOC شبیه‌سازی‌شده

X GC-MS (اکی والان تولوئن، $\mu g/m^3$)

Y آشکارساز IER (اکی والان تولوئن، $\mu g/m^3$)

شکل پ۷-نشان‌دهی آشکارساز IER برای گاز مخلوط شده VOC شبیه‌سازی‌شده و گزینه‌های مورد نظر برای گازهای آزمون



راهنما

1 شش نوع گاز مخلوط‌شده VOC

2 گاز مخلوط‌شده VOC شبیه‌سازی‌شده

3 گاز PM

4 گاز PB

5 گاز MB

X GC-MS (اکی والان تولوئن، $\mu g/m^3$)

Y آشکارساز IER (اکی والان تولوئن، $\mu g/m^3$)

شکل پ۸- نشان‌دهی آشکارساز IER برای گاز مخلوط‌شده VOC شبیه‌سازی‌شده و گازهای PM، PB و MB

پ-۸ نتیجه‌گیری

مناسب‌ترین اجزاء برای مخلوط‌های گاز آزمون، برای آشکارسازهای نیمه‌هادی، PID و IER به شرح زیر است:

الف-آشکارساز نیمه هادی: دو نوع گاز مخلوط‌شده VOC (به جدول پ۳ مراجعه کنید)؛

ب-PID: گاز MB (به جدول پ۴ مراجعه کنید)؛

پ-آشکارساز IER: شش نوع گاز مخلوط‌شدهVOC (به جدول پ۳ مراجعه کنید).

پیوست ت
(اطلاعاتی)
روش لوله انتشار

ت-۱ کلیات

این نتیجه حاصل شده است که گاز آزمون مناسب برای آشکارساز نیمه‌هادی اکسید فلزی دو نوع گاز مخلوط‌شده VOC (به جدول پ۳ مراجعه کنید) است، در حالی که گاز آزمون مناسب برای PID چهار نوع گاز مخلوط‌شده VOC (گاز PM؛ به جدول پ۴ مراجعه کنید) و شش نوع گاز مخلوط‌شده VOC (به جدول پ۳ مراجعه کنید)، و گاز آزمون برای آشکارساز IER شش نوع گاز مخلوط‌شده VOC همان طور که در پیوست پ نشان داده شده است، می‌باشد. این مطالعه قابلیت اعتماد روش لوله انتشار را برای ارزیابی آشکارسازهای VOC پورتابل تصدیق کرد.

تجهیزات تولید گاز دارای مزیتی برای تولید مخلوط‌های چندین نوع VOC در محل است. تجهیزات دارای لوله‌های انتشار خاص خود، که ظرف حلال‌ها یا جامدات VOC هستند، می‌باشد. برای کنترل میزان تولید VOCها، تنظیم قطر لوله و ارتفاع لوله‌های انتشار حائز اهمیت است.

یادآوری- تجهیزات تولید گاز برای ارزیابی آشکارسازهای VOC پورتابل تصدیق شده است. دو نوع جایگزینه برای ارزیابان آشکارسازها پیشنهاد شده است، سیلندر گاز و تجهیزات تولید گاز، چرا که آن‌ها می‌توانند گاز آزمون را مطابق با هزینه، تجهیزات ارزیابی، دوره ارزیابی و غیره انتخاب کنند.

ت-۲ آشکارسازهای VOC

به بند پ-۱ و جدول پ۱ مراجعه کنید.

ت-۳ روش لوله انتشار

تولید مخلوط VOC با استفاده از سیستم تولید گاز انجام شد. سیستم تولید گاز دارای یک جریان‌سنج با شیر سوزنی و محفظه ترموستاتیک است. حلال‌های VOC، یعنی مایعات متا-زایلن، اکتان نرمال، تولوئن، دکان نرمال، آلفا-پینن، متیل-ایزو-بوتیل کتون، و بوتیل استات، درون لوله‌های انتشار، ریخته شدند. شکل ت۱ لوله‌های انتشار را برای سیستم تولید گاز نشان می‌دهد. پارادی‌کلروبنزن جامد نیز درون لوله انتشار گذاشته شد. نرخ انتشار، Dr، VOCبه قطر داخلی و ارتفاع لوله انتشار و همچنین دما بستگی دارد. جدول ت۱ اندازه‌های اولیه از لوله انتشار را نشان می‌دهد. در یک مطالعه، دمای محفظه ترموستاتیک تقریبا ۵۰ °C بود. برای کنترل Dr ، بخشی از لوله‌های انتشار تنظیم شده است. غلظت هر جزء VOC، φ، طبق فرمول ت۱ تعیین می‌شود:

(ت۱)

که در آن:

$q_{V,cg}$ نرخ جریان گاز حامل درون سیستم تولید گاز است.

جدول ت۲، Dr را در دمای ۵۰°C و تلفیقی از لوله‌های انتشار برای تولید دو، چهار و شش نوع گاز مخلوط‌شده نشان می‌دهد. در مورد شش نوع گاز مخلوط‌شده VOC، تلاش شد تا این مخلوط‌ها با استفاده

از دو تلفیق از لوله‌های انتشار برای تنظیم در گاز سیلندر، تولید شوند که به اختصار در «آزمون 1» و «آزمون 2» نامیده شدند.

راهنما

h ارتفاع

d قطر داخلی

شکل ت۱- لوله‌های انتشار

جدول ت۱- اندازه‌های پایه برای لوله انتشار

شماره	قطر داخلی mm	ارتفاع mm
D-001	۰٫۸	۵۲
D-01	۱٫۶	۵۰
D-02	۲٫۶	۵۰
D-03	۳٫۹	۵۰
D-04	۴٫۹	۴۰

جدول ت۲- فهرست مقادیر *Dr* و تلفیق لوله‌های انتشار برای تولید دو، چهار، و شش نوع گاز مخلوط‌شده VOC

	لوله انتشار	*Dr* در دمای ۵۰ °C µg/min	X نوع گاز مخلوط‌شده VOC [b]			
			X=۲	X=۴	X=۶ «آزمون 1»	X=۶ «آزمون 2»
متا-زایلن	D-02 و D-03	۲۸٫۲	v			
اکتان نرمال	D-03	۲۹٫۹	v			
تولوئن	۲ × D-001	۵٫۹			v	
	D-001 و D-01 (۲۵ mm)[a]	۱۰٫۷		v		v
دکان نرمال	D-04 (۲۰ mm)[a]	۱۴٫۰			v	
	D-04 (۲۸ mm)[a]	۱۰٫۸		v		v
آلفا-پینن	D-03	۱۱٫۱		v	v	v
پارادی-کلروبنزن	D-04	۱۰٫۶			v	v
بوتیل استات	۲ × D-01	۸٫۸			v	v
متیل-ایزو-بوتیل کتون	D-01	۷٫۹			v	
	D-01 (۴۵ mm)[a]	۸٫۹		v		v

[a] تنظیم ارتفاع

[b] v به معنای انتخاب لوله‌های انتشار، برای مثال، برای X=۲ (دو نوع گاز مخلوط‌شده VOC) که از لوله‌های انتشار D-02 و D-03 برای متا-زایلن و لوله انتشار D-03 برای اکتان نرمال استفاده شده است.

ت-۴ اندازه‌گیری‌ها

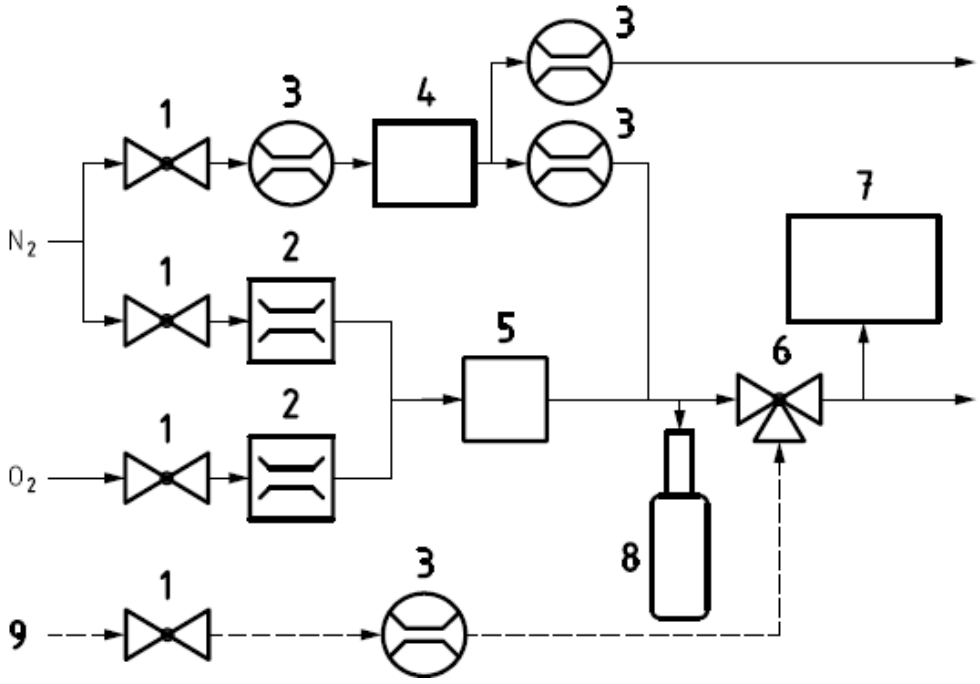
آنالیزهای آشکارسازهای VOC در دستگاه جریان، همان طور که در شکل ت۲ نشان داده شده است، انجام شد. دستگاه جریان مجهز به یک سیستم تولید گاز و حباب‌ساز آبی بود. لوله کوپلیمر تترافلوئورواتیلن-پرفلوئوروآلکیل‌وینیل‌اتر به عنوان گذرگاه جریان پایین‌دستی از تراوایی‌سنج[1] سیستم تولید گاز و حباب‌ساز آبی مورد استفاده قرار گرفت. لوله‌های پلی‌تترافلوئورواتیلن (PTFE)[2] و فولاد زنگ‌نزن به عنوان گذرگاه‌ها مورد استفاده قرار گرفتند. از کنترل‌کننده‌های جریان جرمی و جریان‌سنج‌ها با دریچه‌های سوزنی برای تنظیم جریان نیتروژن و اکسیژن استفاده شد. گاز حامل سیستم تولید گاز نیتروژن بود.

بخشی از گاز مخلوط VOC از سیستم تولید گاز با مخلوط نیتروژن و اکسیژن از حباب‌ساز آب مخلوط شد. نرخ‌های جریان بخشی از گاز مخلوط VOCو گاز مخلوط نیتروژن و اکسیژن بایستی با تنظیم غلظت مخلوط

1-Permeator
2- Polyterafluoroethene

VOCکنترل شود. از کنترل‌کننده حرارتی حباب‌ساز آبی برای حفظ رطوبت نسبی در ٪ ۱۰ ± ٪ ۵۰ استفاده شد. نسبت N_2 / O_2 چهار و نرخ کل جریان ml/min ۸۰۰ بود. داده‌های GC-MS توسط یک ابزار GC-MS مجهز به واحد واجذب حرارتی به دست آمد. کالیبراسیون GC-MS با استفاده از گازهای مخلوط VOCخام از سیلندر گاز انجام شد. میزان نمونه‌برداری گاز ml/min ۶۰ و زمان آن min ۲ تا min ۶ بود.

نمونه‌برداری گاز هنگامی آغاز شد که مقدار نشان‌دهی از آشکارسازهای VOC پورتابل، که می‌تواند پایش لحظه‌ای را انجام دهد، ثابت ماند. مقادیر غلظت از GC-MS به معادل‌های تولوئن تبدیل شد. مقادیر نشان‌دهی از آشکارسازهای VOC پورتابل در همان زمان نمونه‌برداری GC-MS ثبت شد.



راهنما

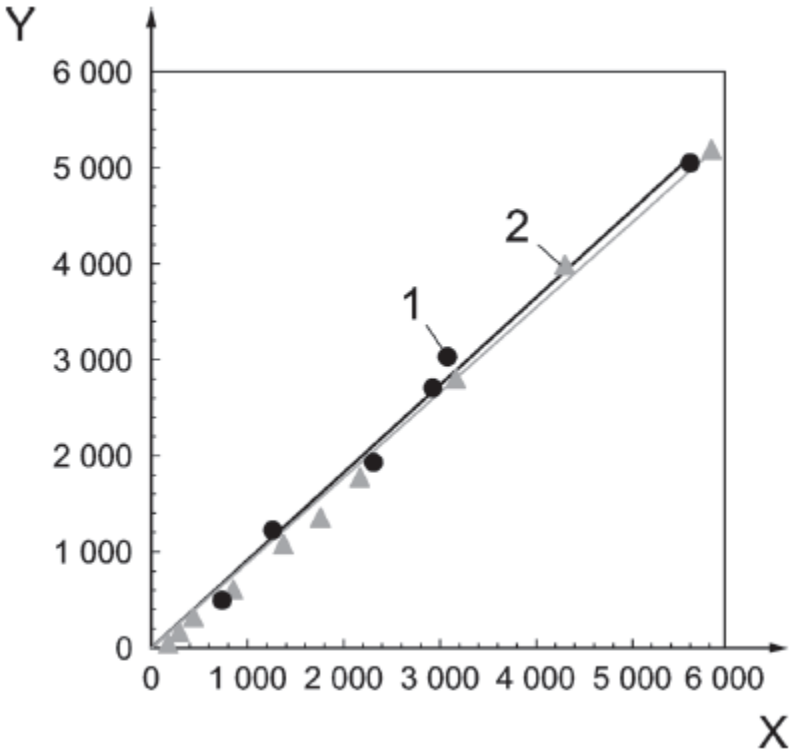
1 دریچه
2 کنترل‌کننده جریان جرمی
3 جریان‌سنج با دریچه سوزنی
4 سیستم تولید گاز
5 حباب‌ساز آبی
6 دریچه سه راه
7 GC-MS
8 آشکارساز VOC پورتابل
9 سیلندر گاز VOC

یادآوری- مسیر مشخص‌شده به‌صورت خط‌چین برای کالیبراسیون GC-MS استفاده شده است.

شکل ت۲- نمودار شماتیک تجهیزات آزمون

ت-۵ نتایج آشکارساز نیمه‌هادی

شکل ت۳ مقادیر نشان‌دهی از آشکارساز نیمه‌هادی را برای دو نوع گاز مخلوط‌شده VOC تولیدشده توسط روش انتشار گاز، نشان می‌دهد. تفاوت‌ها در مقادیر به‌دست‌آمده از آشکارساز نیمه هادی برای دو نوع گاز مخلوط‌شده VOC تولیدشده از سیلندر گاز و سیستم تولید گاز آن قدر کوچک بود (٪ ۲٫۷)، که نشان می‌دهد با روش لوله انتشار می‌توان گاز کالیبراسیون را برای آشکارساز نیمه‌هادی آماده کرد.



راهنما

1 لوله انتشار

2 سیلندر گاز

X GC-MS (معادل تولوئن، $\mu g/m^3$)

Y آشکارساز نیمه‌هادی ($\mu g/m^3$)

یادآوری- برای مقایسه، در شکل، مقادیر نشان‌دهی برای دو نوع گاز مخلوط‌شده تولیدشده از سیلندر گاز نیز نشان داده شده است.

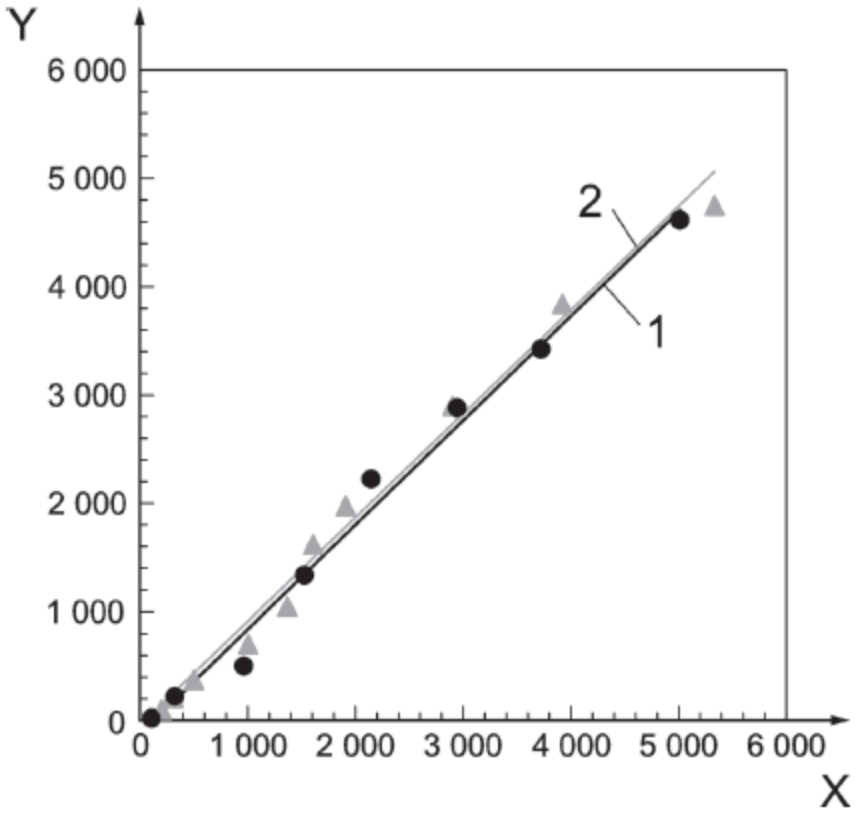
شکل ت۳- مقادیر نشان‌دهی از آشکارساز نیمه‌هادی برای دو نوع گاز مخلوط‌شده VOC تولیدشده با روش لوله انتشار

ت-۶ نتایج PID

همان‌طور که در پیوست پ نشان داده شده است، چهار نوع و شش نوع از گازهای مخلوط‌شده VOC به عنوان گازهای کالیبراسیون برای PID، انتخاب شدند. موضوع هزینه باعث شد برای کالیبراسیون از تعداد کمتری از اجزای مخلوط گاز استفاده شود. برای PID چهار نوع گاز مخلوط‌شده VOC قابلیت اطمینان کافی

را دارا بودند. در این مطالعه، مقادیر نشان‌دهی از PID برای چهار نوع و شش نوع گاز مخلوط‌شده VOC تولیدشده با روش لوله انتشار به دلیل تصدیق قابلیت اطمینان برای روش مزبور ارزیابی شدند.

شکل ت۴ مقادیر نشان‌دهی از PID را برای چهار نوع گاز مخلوط‌شده VOC نشان می‌دهد. مقادیر نشان‌دهی از PID مطابق با معادل‌های ایزوبوتیلن است، زیرا ایزوبوتیلن گاز کالیبراسیون استاندارد است. تفاوت در مقادیر به دست آمده از PID برای چهار نوع از گازهای مخلوط‌شده VOC تولیدشده از سیلندر گاز و سیستم تولید گاز نیز خیلی کوچک (٪ ۰٫۳۰-) بود. نتیجه نشان می‌دهد که روش لوله انتشار قادر به تهیه گاز کالیبراسیون برای PID بود.



راهنما

1 لوله انتشار

2 سیلندر گاز

X GC-MS (معادل تولوئن، $\mu g/m^3$)

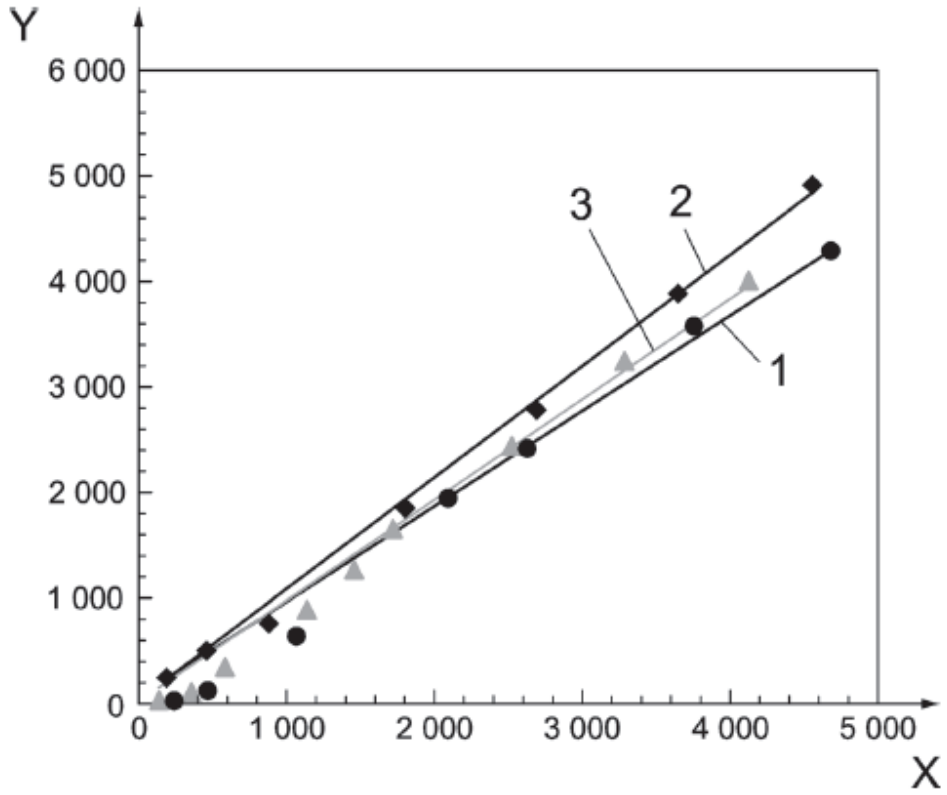
Y PID (معادل ایزوبوتیلن $\mu g/m^3$)

یادآوری- برای مقایسه، در شکل، مقادیر نشان‌دهی برای چهار نوع گاز مخلوط‌شده تولیدشده از سیلندر گاز نیز نشان داده شده است.

شکل ت۴- مقادیر نشان‌دهی از PID برای چهار نوع گاز مخلوط‌شده VOC تولیدشده با روش لوله انتشار

شکل ت ۵ مقادیر نشان‌دهی از PID را برای شش نوع از گاز مخلوط VOC نشان می‌دهد. دو نوع ترکیب از لوله‌های انتشار، «آزمون 1» و «آزمون 2»، برای تنظیم گاز سیلندر، مورد استفاده قرار گرفت که در جدول ت۲ نشان داده شده است. تفاوت بین «آزمون 1» و «آزمون 2»، ارتفاع لوله‌های انتشار، یعنی نرخ‌های نفوذ برای تولوئن، دکان نرمال، و متیل ایزو-بوتیل کتون بود. مقادیر تولید تولوئن و

متیل ایزو-بوتیل کتون در «آزمون 1» کوچکتر از آن‌ها در «آزمون 2» بود، در حالی که دکان نرمال در «آزمون ۲» بزرگتر از آن در «آزمون 1» بود. تفاوت در مقادیر به دست آمده از آشکارساز PID برای شش نوع گازهای مخلوط‌شده VOC تولیدشده از سیلندر گاز و «آزمون 1» و «آزمون 2»، لوله انتشار به ترتیب ٪ ۴٫۱- و ٪ ۱۰٫۷ بود. این نتایج به دلیل تفاوت اندک، در محدوده درستی قابل قبول مقدار نشان‌دهی بود، هر چند درستی آشکارساز PID توسط سازنده ارائه نشده است.



راهنما

1 لوله انتشار «آزمون 1»

1 لوله انتشار «آزمون 2»

2 سیلندر گاز

X PID ($\mu g/m^3$ معادل ایزوبوتیلن)

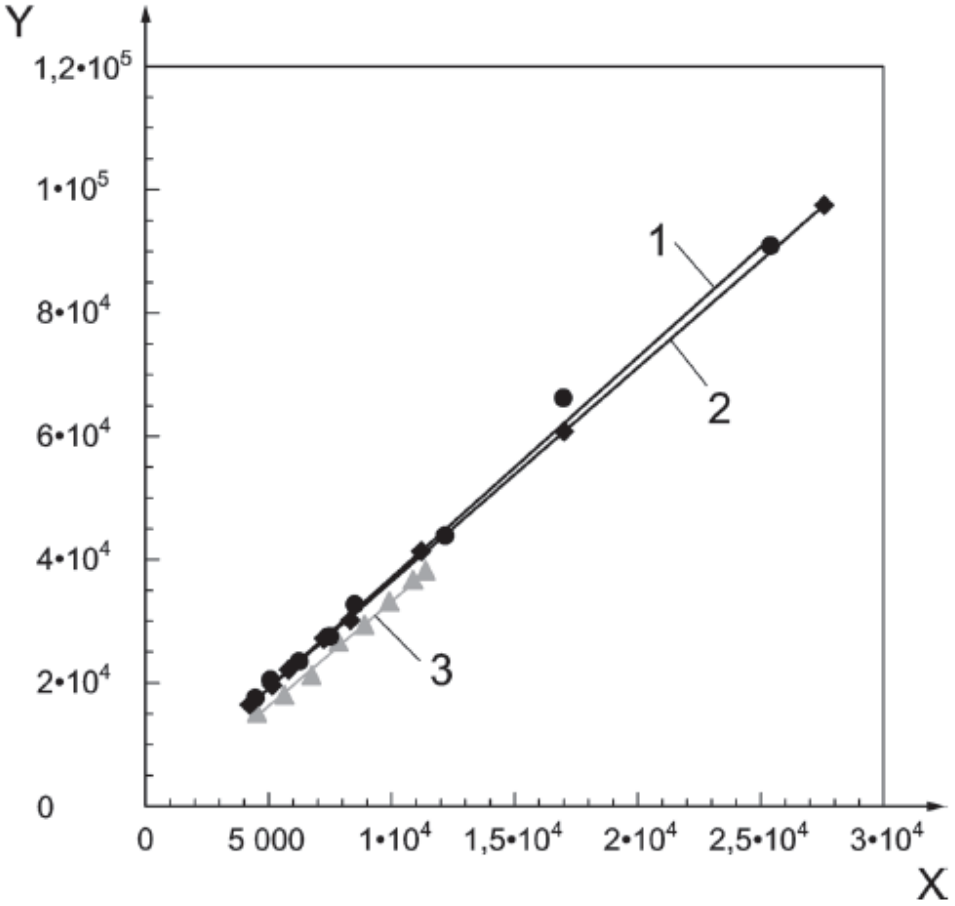
Y GC-MS ($\mu g/m^3$ معادل تولوئن،)

یادآوری- برای مقایسه، در شکل، مقادیر نشان‌دهی برای شش نوع گاز مخلوط‌شده VOCتولیدشده از سیلندر گاز نیز نشان داده شده است.

شکل ت۵- مقادیر نشان‌دهی از PID برای شش نوع گاز مخلوط‌شده VOC تولیدشده با روش لوله انتشار

ت-۷ نتایج از آشکارساز IER

شکل ت۶ مقادیر نشان‌دهی از آشکارساز IER را برای شش نوع گاز مخلوط‌شده VOCتولیدشده از روش لوله انتشار نشان می‌دهد. مقادیر نشان‌دهی از آشکارساز IER مطابق با معادل‌های تولوئن است، چون تولوئن گاز کالیبراسیون استاندارد می‌باشد. تفاوت در مقادیر به دست آمده از آشکارساز IER برای شش نوع گاز مخلوط‌شده VOC تولیدشده از سیلندر گاز و «آزمون 1» و «آزمون 2» لوله انتشار به ترتیب ٪ ۹٫۲ و٪ ۸٫۳ بود. این نتیجه در محدوده درستی آشکارساز IER بود. نتیجه باید نشان دهد روش لوله انتشار قادر به تهیه گاز کالیبراسیون برای آشکارساز IER است.



راهنما:

1 لوله انتشار «آزمون 1»

2 لوله انتشار «آزمون 2»

3 سیلندر گاز

X GC-MS (معادل تولوئن، $\mu g/m^3$)

Y PID (معادل ایزوبوتیلن $\mu g/m^3$)

یادآوری- برای مقایسه، مقادیر نشان‌دهی از شش نوع گاز مخلوط تولیدشده از سیلندر گاز نیز در شکل نشان داده شده است.

شکل ت۶- مقادیر نشان‌دهی از آشکارساز IER برای شش نوع گاز مخلوط‌شده VOC تولیدشده با روش لوله انتشار

ت-۸ نتیجه‌گیری

با استفاده از روش لوله انتشار می‌توان گازهای کالیبراسیون را برای آشکارسازهای نیمه‌هادی، PID، و IER تهیه کرد یعنی دو نوع، چهار نوع و شش نوع گاز مخلوط‌شده VOC.

پیوست ث

(اطلاعاتی)

کتابنامه

[۱] استاندارد ملی ایران شماره ۱-۱۰۸۰۴، هوای داخل، پیرامون و محل کار- نمونه‌برداری و تجزیه ترکیبات آلی فرار به وسیله لوله‌های جاذب/واجذبی حرارتی/کروماتوگرافی گازی مویینه‌ای - قسمت ۱: نمونه‌برداری با پمپ

[۲] استاندارد ملی ایران شماره ۲-۱۰۸۰۴، هوای داخل، پیرامون و محل کار – نمونه‌برداری و تجزیه ترکیبات آلی فرار به وسیله لوله‌های جاذب/وجذبی حرارتی/کروماتوگرافی گازی موئینه‌ای

[۳] استاندارد ملی ایران شماره ۸-۱۳۶۳۲، آنالیز گاز- تهیه مخلوط‌های گاز کالیبراسیون با استفاده از روش‌های حجم‌سنجی دینامیک- قسمت ۸: روش انتشار

[4] ISO 12219-1, Interior air of road vehicles — Part 1: Whole vehicle test chamber — Specification and method for the determination of volatile organic compounds in cabin interiors

[5] ISO 12219-2, Interior air of road vehicles — Part 2: Screening method for the determination of the emissions of volatile organic compounds from vehicle interior parts and materials — Bag method

[6] ISO 12219-3, Interior air of road vehicles — Part 3: Screening method for the determination of the emissions of volatile organic compounds from vehicle interior parts and materials — Micro-scale chamber method

[7] ISO 12219-4, Interior air of road vehicles — Part 4: Method for the determination of the emissions of volatile organic compounds from vehicle interior parts and materials — Small chamber method

[8] ISO 12219-5, Interior air of road vehicles — Part 5: Screening method for the determination of the emissions of volatile organic compounds from vehicle interior parts and materials — Static chamber method

[9] ISO 16000-6, Indoor air — Part 6: Determination of volatile organic compounds in indoor and test chamber air by active sampling on Tenax TA sorbent, thermal desorption and gas chromatography using MS or MS-FID

[10] EN 50270, Electromagnetic compatibility — Electrical apparatus for the detection and measurement of combustible gases, toxic gases or oxygen

[11] EN 50271, Electrical apparatus for the detection and measurement of combustible gases, toxic gases or oxygen — Requirements and tests for apparatus using software and/or digital technologies

[12] Kadosaki M., Sakai Y., Tamura I. et al. Development of an oxide semiconductor thick film gas sensor for the detection of total volatile organic compounds. Electronics and Communications in Japan. 2010, 93, pp. 34-41

[13] Itoh T ., M atsubara I ., N ishibori M. et al. Calibration gas preparation for non-disposable portable MOx, PID, and IER VOC detectors. Sensor Letters. 2012, 10, pp. 984–991