



جمهوری اسلامی ایران
Islamic Republic of Iran
سازمان ملی استاندارد ایران

Iranian National Standardization Organization



استاندارد ملی ایران
۱۰۸۴۶
تجدیدنظر اول
۱۳۹۵

INSO

10846

1st. Revision

2017

**Modification of
ISO /TR 17737
(2012)**

جو محیط کار – راهنمایی‌هایی برای انتخاب
روش‌های تجزیه‌ای برای نمونه‌برداری و آنالیز
ایزوسیانات‌ها در هوا

**Workplace atmospheres –
Guidelines for selecting analytical
methods for sampling and analysing
isocyanates in air**

ICS: 13.040.30

استاندارد ملی ایران شماره ۱۰۸۴۶ (تجدیدنظر اول): سال ۱۳۹۵

سازمان ملی استاندارد ایران

تهران، ضلع جنوب غربی میدان ونک، خیابان ولیعصر، پلاک ۲۵۹۲

صندوق پستی: ۶۱۳۹-۱۴۱۵۵ تهران- ایران

تلفن: ۵-۸۸۸۷۹۴۶۱

دورنگار: ۸۸۸۸۷۰۸۰ و ۸۸۸۸۷۱۰۳

کرج - شهر صنعتی، میدان استاندارد

صندوق پستی: ۱۶۳-۳۱۵۸۵ کرج - ایران

تلفن: ۸-۳۲۸۰۶۰۳۱ (۰۲۶)

دورنگار: ۳۲۸۰۸۱۱۴ (۰۲۶)

رایانامه: standard@isiri.org.ir

وبگاه: <http://www.isiri.org>

Iranian National Standardization Organization (INSO)

No.2592 Valiasr Ave., South western corner of Vanak Sq., Tehran, Iran

P. O. Box: 14155-6139, Tehran, Iran

Tel: + 98 (21) 88879461-5

Fax: + 98 (21) 88887080, 88887103

Standard Square, Karaj, Iran

P.O. Box: 31585-163, Karaj, Iran

Tel: + 98 (26) 32806031-8

Fax: + 98 (26) 32808114

Email: standard@isiri.org.ir

Website: <http://www.isiri.org>

به نام خدا

آشنایی با سازمان ملی استاندارد ایران

سازمان ملی استاندارد ایران به موجب بند یک ماده ۳ قانون اصلاح قوانین و مقررات مؤسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران، مصوب بهمن ماه ۱۳۷۱ تنها مرجع رسمی کشور است که وظیفه تعیین، تدوین و نشر استانداردهای ملی (رسمی) ایران را به عهده دارد.

تدوین استاندارد در حوزه‌های مختلف در کمیسیون‌های فنی مرکب از کارشناسان سازمان، صاحب‌نظران مراکز و مؤسسات علمی، پژوهشی، تولیدی و اقتصادی آگاه و مرتبط انجام می‌شود و کوششی همگام با مصالح ملی و با توجه به شرایط تولیدی، فناوری و تجاری است که از مشارکت آگاهانه و منصفانه صاحبان حق و نفع، شامل تولیدکنندگان، مصرف‌کنندگان، صادرکنندگان و واردکنندگان، مراکز علمی و تخصصی، نهادها، سازمان‌های دولتی و غیردولتی حاصل می‌شود. پیش‌نویس استانداردهای ملی ایران برای نظرخواهی به مراجع ذی‌نفع و اعضای کمیسیون‌های مربوط ارسال می‌شود و پس از دریافت نظرها و پیشنهادهای در کمیته ملی مرتبط با آن رشته طرح و در صورت تصویب، به عنوان استاندارد ملی (رسمی) ایران چاپ و منتشر می‌شود.

پیش‌نویس استانداردهایی که مؤسسات و سازمان‌های علاقه‌مند و ذی‌صلاح نیز با رعایت ضوابط تعیین شده تهیه می‌کنند در کمیته ملی طرح، بررسی و در صورت تصویب، به عنوان استاندارد ملی ایران چاپ و منتشر می‌شود. بدین ترتیب، استانداردهایی ملی تلقی می‌شود که بر اساس مقررات استاندارد ملی ایران شماره ۵ تدوین و در کمیته ملی استاندارد مربوط که در سازمان ملی استاندارد ایران تشکیل می‌شود به تصویب رسیده باشد.

سازمان ملی استاندارد ایران از اعضای اصلی سازمان بین‌المللی استاندارد (ISO)^۱، کمیسیون بین‌المللی الکتروتکنیک (IEC)^۲ و سازمان بین‌المللی اندازه‌شناسی 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 زیست‌محیطی و اقتصادی، اجرای بعضی از استانداردهای ملی ایران را برای محصولات تولیدی داخل کشور و/یا اقلام وارداتی، با تصویب شورای عالی استاندارد، اجباری کند. سازمان می‌تواند به منظور حفظ بازارهای بین‌المللی برای محصولات کشور، اجرای استانداردهای کالاهای صادراتی و درجه‌بندی آن را اجباری کند. همچنین برای اطمینان بخشیدن به استفاده‌کنندگان از خدمات سازمان‌ها و مؤسسات فعال در زمینه مشاوره، آموزش، بازرسی، ممیزی و صدور گواهی سیستم‌های مدیریت کیفیت و مدیریت زیست‌محیطی، آزمایشگاه‌ها و مراکز واسنجی (کالیبراسیون) وسایل سنجش، سازمان ملی استاندارد این‌گونه سازمان‌ها و مؤسسات را بر اساس ضوابط نظام تأیید صلاحیت ایران ارزیابی می‌کند و در صورت احراز شرایط لازم، گواهینامه تأیید صلاحیت به آن‌ها اعطا و بر عملکرد آن‌ها نظارت می‌کند. ترویج دستگاه بین‌المللی یکاها، 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 Electrotechnical Commission

3- International Organization for Legal Metrology (Organisation Internationale de Metrologie Legals)

4- Contact point

5- Codex Alimentarius Commission

کمیسیون فنی تدوین استاندارد

«جو محیط کار - راهنمایی‌هایی برای انتخاب روش‌های تجزیه‌ای برای نمونه‌برداری و آنالیز

ایزوسیانات‌ها در هوا»

(تجدیدنظر اول)

رئیس:

سمت و/یا محل اشتغال:

ردائی، احسان

(کارشناسی ارشد شیمی تجزیه)

اداره کل استاندارد استان همدان

دبیر:

افتخاری دافچاهی، سمیه

(کارشناسی ارشد شیمی فیزیک)

شرکت رویان پژوهان سینا

اعضا: (اسامی به ترتیب حروف الفبا)

اسدی، ایرج

(دکتری آلودگی محیط زیست)

سازمان محیط زیست استان همدان

اسمعیلی طارمسری، معصومه

(کارشناسی ارشد شیمی فیزیک)

شرکت رویان پژوهان سینا

بیگدلی، داوود

(کارشناسی ارشد شیمی تجزیه)

شرکت پارس کیمیا زیست بهسازان

حسینی، مرضیه

(کارشناسی آب و خاک)

آزمایشگاه پیرایه زیست قزوین

صنعتگر دلشاد، الهام

(کارشناسی ارشد شیمی فیزیک)

شرکت رویان پژوهان سینا

قاسملو، رقیه

(کارشناسی ارشد مهندسی منابع طبیعی، محیط زیست)

شرکت آب منطقه‌ای استان همدان

نجفی، امیر

(کارشناسی ارشد شیمی تجزیه)

آزمایشگاه فنی و مکانیک خاک همدان

دانشگاه بوعلی سینا همدان

هاشمی، مهدی
(دکتری شیمی تجزیه)

ویراستار:

اداره کل استاندارد استان کردستان

حسنزاده، شهناز
(کارشناسی بیولوژی)

فهرست مندرجات

صفحه	عنوان
ز	پیش‌گفتار
۱	۱ هدف و دامنه کاربرد
۱	۲ مراجع الزامی
۲	۳ روش‌های مختلف برای نمونه‌برداری
۲	۱-۳ اصول کلی
۲	۲-۳ روش نمونه‌برداری با استفاده از از فیلترهای آغشته
۳	۳-۳ روش نمونه‌برداری با ایمپینجر (و فیلتر)
۳	۴-۳ روش نمونه‌برداری با استفاده از لوله‌های جاذب
۴	۵-۳ روش نمونه‌برداری با استفاده از فیلتر عاری‌ساز
۴	۶-۳ روش نمونه‌برداری انتشاری
۴	۴ وسایل با خوانش مستقیم
۵	۵ روش‌های پیشنهادی برای ایزوسیانات‌های هوابرد
۵	۱-۵ روش DBA
۵	۲-۵ روش دو فیلتره
۶	۳-۵ روش MAP
۶	۴-۵ روش MP
۶	۵-۵ روش PP
۷	۶ آنالیز
۷	۷ مزاحمت‌ها
۷	۸ ملاحظات
۷	۱-۸ ملاحظات مربوط به نمونه‌برداری و آنالیز
۸	۲-۸ سایر ملاحظات
۱۰	پیوست الف (الزامی) ایزوسیانات‌ها
۱۴	پیوست ب (الزامی) تغییرات اعمال شده در این استاندارد ملی در مقایسه با استاندارد منبع
۱۵	کتاب‌نامه

پیش‌گفتار

استاندارد «جو محیط کار- راهنمایی‌هایی برای انتخاب روش‌های تجزیه‌ای برای نمونه‌برداری و آنالیز ایزوسیانات‌ها در هوا» که نخستین بار در سال ۱۳۸۷ بر مبنای پذیرش استانداردهای بین‌المللی/منطقه‌ای به عنوان استاندارد ملی ایران به روش اشاره شده در مورد پ، بند ۷، استاندارد ملی ایران شماره ۵ برای اولین بار مورد تجدیدنظر قرار گرفت و در یکصد و سی امین اجلاس کمیته ملی استاندارد محیط زیست مورخ ۱۳۹۵/۱۱/۱۰ تصویب شد. اینک این استاندارد به استناد بند یک ماده ۳ قانون اصلاح قوانین و مقررات مؤسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران، مصوب بهمن ماه ۱۳۷۱، به عنوان استاندارد ملی ایران منتشر می‌شود.

استانداردهای ملی ایران بر اساس استاندارد ملی ایران شماره ۵ (استانداردهای ملی ایران- ساختار و شیوه نگارش) تدوین می‌شوند. برای حفظ همگامی و هماهنگی با تحولات و پیشرفت‌های ملی و جهانی در زمینه صنایع، علوم و خدمات، استانداردهای ملی ایران در صورت لزوم تجدیدنظر خواهند شد و هر پیشنهادی که برای اصلاح و تکمیل این استانداردها ارائه شود، هنگام تجدیدنظر در کمیسیون فنی مربوط مورد توجه قرار خواهد گرفت. بنابراین، باید همواره از آخرین تجدیدنظر استانداردهای ملی ایران استفاده کرد.

این استاندارد جایگزین استاندارد ملی ایران شماره ۱۰۸۴۶: سال ۱۳۸۷ می‌شود.

این استاندارد ملی بر مبنای پذیرش استاندارد بین‌المللی زیر به روش «ترجمه تغییر یافته» تهیه و تدوین شده و شامل ترجمه تخصصی کامل متن آن به زبان فارسی همراه با اعمال تغییرات با توجه به مقتضیات کشور است:

ISO/TR 17737: 2012, Workplace atmospheres — Guidelines for selecting analytical methods for sampling and analysing isocyanates in air

جو محیط کار - راهنمایی‌هایی برای انتخاب روش‌های تجزیه‌ای برای نمونه‌برداری و آنالیز ایزوسیانات‌ها در هوا

۱ هدف و دامنه کاربرد

هدف از تدوین این استاندارد، ارائه راهنمایی‌هایی در خصوص انتخاب روش‌های تجزیه‌ای برای نمونه‌برداری و آنالیز ایزوسیانات‌ها در هوا است. این استاندارد می‌تواند مورد استفاده متخصصان بهداشت حرفه‌ای، کارفرماها و کارکنان مراکزی قرار گیرد که در آن‌ها از ایزوسیانات‌ها استفاده می‌شود. اهمیت نمونه‌برداری و موضوعات اساسی مرتبط با انتخاب راهبرد نمونه‌برداری برای محیط‌های کاری در این استاندارد ارائه می‌شود.

۲ مراجع الزامی

در مراجع زیر ضوابطی وجود دارد که در متن این استاندارد به صورت الزامی به آن‌ها ارجاع داده شده است. بدین ترتیب، آن ضوابط جزئی از این استاندارد محسوب می‌شوند.

در صورتی که به مرجعی با ذکر تاریخ انتشار ارجاع داده شده باشد، اصلاحیه‌ها و تجدیدنظرهای بعدی آن برای این استاندارد الزام‌آور نیست. در مورد مراجعی که بدون ذکر تاریخ انتشار به آن‌ها ارجاع داده شده است، همواره آخرین تجدیدنظر و اصلاحیه‌های بعدی برای این استاندارد الزام‌آور است.

استفاده از مراجع زیر برای کاربرد این استاندارد الزامی است:

2-1 ISO 14382, Workplace atmospheres -- Determination of toluene diisocyanate vapours using 1-(2-pyridyl)piperazine-coated glass fibre filters and analysis by high performance liquid chromatography with ultraviolet and fluorescence detectors

یادآوری - استاندارد ملی ایران شماره ۱۹۰۷۱: سال ۱۳۹۳، هوای محیط کار - تعیین بخارات دی ایزوسیانات تولوئن با استفاده از فیلترهای فیبر شیشه‌ای پوشش داده شده با ۱- (۲ پیریدیل) پی‌پرازین توسط کروماتوگرافی مایع با کارایی بالا و آشکار سازهای فرابنفش و فلورئورسانس، با استفاده از استاندارد ISO 14382:2012 تدوین شده است.

2-2 ISO 16702, Workplace air quality - Determination of total organic isocyanate groups in air using 1-(2-methoxyphenyl)piperazine and liquid chromatography

2-3 ISO 17734-1, Determination of organonitrogen compounds in air using liquid chromatography and mass spectrometry - Part 1: Isocyanates using dibutylamine derivatives

2-4 ISO 17734-2, Determination of organonitrogen compounds in air using liquid chromatography and mass spectrometry - Part 2: Amines and aminoisocyanates using dibutylamine and ethyl chloroformate derivatives

2-5 ISO 17735, Workplace atmospheres -- Determination of total isocyanate groups in air using 1-(9-anthracenylmethyl)piperazine (MAP) reagent and liquid chromatography

یادآوری - استاندارد ملی ایران شماره ۱۴۱۱۰: سال ۱۳۸۹، هوای محیط کار - اندازه‌گیری گروه‌های ایزوسیانات کل در هوا با استفاد از معرف ۱ - (۹-آنتراسنیل متیل) پی‌پرازین (MAP) و کروماتوگرافی مایع، با استفاده از استاندارد ISO 17735:2009 تدوین شده است.

2-6 ISO 17736, Workplace air quality -- Determination of isocyanate in air using a double-filter sampling device and analysis by high pressure liquid chromatography

یادآوری - استاندارد ملی ایران شماره ۲۰۹۳۶: سال ۱۳۹۲، کیفیت هوای محیط کار - اندازه‌گیری ایزوسیانات در هوا با استفاده از دستگاه نمونه برداری دو فیلتره و آنالیز با کروماتوگرافی مایع در فشار بالا، با استفاده از استاندارد ISO 17736:2010 تدوین شده است.

۳ روش‌های مختلف برای نمونه‌برداری

۱-۳ اصول کلی

باید مراقب بود تا نمونه‌هایی که نمایگر کل مجموعه است، برداشته شود. آزمونگران یا متخصصان بهداشت صنعتی باید حالت فیزیکی ایزوسیانات‌هایی را که احتمال دارند در اتمسفر مورد نمونه‌برداری یافت شوند، در نظر بگیرند. برای مثال، ایزوسیانات‌ها در فاز بخار و/یا آئروسول وجود دارند، یا با محیط‌های دیگری برای مثال غبار چوب پوشیده شده‌اند. هنگام انتخاب روش برای پایش مواجهه در محیط کاری تمام این موارد باید مدنظر قرار گیرد. روش‌های نمونه‌برداری ترکیبات در فاز گازی و فاز ذره‌ای متفاوت است. ایزوسیانات‌های فاز گازی اغلب توسط انتشار مولکول‌ها مطابق با زیربند ۳-۶ و بند ۴ نمونه‌برداری می‌شوند. هوایی که محتوی آئروسول‌های ایزوسیانات، ذرات پوشیده شده با ایزوسیانات‌ها و/یا بخار ایزوسیانات‌ها باشد، اغلب به وسیله فیلترهای پوشیده شده با واکنشگر (یا دیگر بسترهای پوشش داده شده) یا به تنهایی یا در ترکیب با ایمپینجر^۱ حاوی مواد واکنش‌پذیر، نمونه‌برداری می‌شوند.

یادآوری - ایمپینجر، بطری‌های کوچک شیشه‌ای می‌باشند که با یک مایع جمع‌آوری که در روش نمونه‌برداری با توجه به نوع ماده شیمیایی تعیین شده است، پر می‌شوند.

۲-۳ روش نمونه‌برداری با استفاده از فیلترهای آغشته^۲

نمونه‌برداری با فیلترهای آغشته شده با واکنشگر مشتق‌ساز، روشی متداول برای جمع‌آوری ایزوسیانات‌ها است. این روش برای جمع‌آوری ایزوسیانات‌های گازی و ذره‌ای، کارآمد است. با این حال در بعضی مواقع، ممکن است هنگام جمع‌آوری ذرات، بر اثر وجود مواد واکنش‌دهنده دیگر در ذره، مشتق‌سازی ناقص با واکنشگر پیش آید. در این مواقع استخراج در محل بلافاصله پس از نمونه‌برداری مشتق‌سازی را بهبود داده و مسائل ناشی از واکنش‌های مزاحم را کاهش می‌دهد. در صورتی که ترکیب فیزیکوشیمیایی هوای مورد نمونه‌برداری نامعلوم باشد، توصیه می‌شود نمونه‌ها را با استفاده از یک ایمپینجر حاوی یک عامل مشتق‌ساز

1- Impingers

2- Impregnated filters

با پشتیبان فیلتر^۱ (زیربند ۳-۳) جمع‌آوری کرد. فیلترهای آغشته شده با واکنشگر برای جمع‌آوری ایزوسیانات‌هایی که در فاز گازی هستند، توصیه می‌شود.

۳-۳ روش نمونه‌برداری با ایمپینجر (و فیلتر)

نمونه‌برداری متوالی با یک ایمپینجر کوچک معمول در بهداشت صنعتی که حاوی عامل مشتق‌ساز و فیلتر پوشیده شده با واکنشگر است (به جز برای دی‌ان-بوتیل آمین (DBA)^۲)، جمع‌آوری ایزوسیانات‌ها در فاز گازی و نیز فاز ذره‌ای را امکان‌پذیر می‌سازد. ذرات حاوی ایزوسیانات که دارای قطر کم‌تر از $2 \mu\text{m}$ می‌باشند، به خوبی با ایمپینجر جمع‌آوری نمی‌شوند، ولی در صورت استفاده از فیلتر به طور کامل جمع‌آوری می‌شوند. یادآوری- مثال‌هایی برای ذرات کوچک‌تر از $2 \mu\text{m}$ عبارتند از: آئروسول‌های متراکم ناشی از خنک شدن بخار ایزوسیانات، آئروسول‌های حاصل از تخریب حرارتی/ گرمایی و تا اندازه‌ای رنگ‌های اسپری.

در موقعیت‌هایی که ماهیت فیزیکوشیمیایی اتمسفر نامعلوم است، تلفیق روش ایمپینجر و فیلتر مناسب‌ترین رویکرد است تا اطمینان حاصل شود که وسیع‌ترین گستره گونه‌های ایزوسیانات به طور کارآمد، جمع‌آوری و مشتق‌سازی شده است. چنانچه ماهیت آئروسول معلوم باشد و مقدار ذرات با اندازه کمتر از $2 \mu\text{m}$ ناچیز باشد، نمونه‌برداری می‌تواند بدون استفاده از فیلتر در مجموعه انجام گیرد. ذرات جمع‌آوری شده حل و مشتق‌سازی می‌شوند. نمونه‌برداری ایمپینجر پرزحمت است و خطر شکستگی و نشت وجود دارد. علاوه بر این، حلال‌های ایمپینجر اغلب فرار هستند (مانند تولوئن)، زمان نمونه‌برداری محدودکننده است و بخار حلال در مجاورت نمونه‌بردار تولید می‌شود. هنگام نمونه‌برداری آئروسول واکنش‌دهنده، تلفیق روش ایمپینجر و فیلتر توصیه می‌شود.

۳-۴ روش نمونه‌برداری با استفاده از لوله‌های جاذب^۳

در این روش لوله‌های استوانه‌ای شیشه‌ای کوچک پر شده با بستر بی‌اثر مانند پودر شیشه یا پشم شیشه که با عامل مشتق‌ساز آغشته شده است، مورد استفاده قرار می‌گیرد. این روش عمدتاً برای ایزوسیانات‌هایی که در فاز بخار هستند، به کار می‌رود. در لوله‌های جاذب آغشته شده لازم است فیلتر پوشیده شده با واکنشگر در قسمت جلو یا عقب وجود داشته باشد تا امکان جمع‌آوری ایزوسیانات‌های گازی و ذره‌ای فرار با استفاده از آن فراهم شود. برای مشتق‌سازی کارآمد، لوله باید پس از نمونه‌برداری مورد استخراج قرار گیرد.

1- Filter backup
2- Di-n-butylamine
3- Sorbent tubes

۳-۵ روش نمونه برداری با استفاده از فیلتر عاری ساز^۱

وسیله نمونه بردار عاری ساز متشکل از لوله استوانه‌ای است و با عبور جریان هوا از داخل لوله، مولکول‌های گازی از جریان هوا به دیواره‌ها انتشار می‌یابند که در نتیجه یا جذب شده یا با پوشش واکنشگر واکنش می‌دهند. قسمت عمده فاز ذره‌ای جریان هوا بدون اینکه تغییر یابد از فیلتر عبور می‌کند و در فیلتر پوشیده شده با واکنشگر جمع می‌شود. در صورتی که لوله با واکنشگر مشتق ساز مناسبی پوشیده و متعاقباً آنالیز شود، وسیله نمونه بردار می‌تواند برای جداسازی مواد موجود در فاز بخار و مواد فاز ذره‌ای استفاده شود، اگرچه محدودیت‌های ذکر شده در مورد فیلترهای آغشته شده در صورت وجود آئروسول‌های واکنش دهنده، در این روش نیز وجود دارد.

۳-۶ روش نمونه برداری انتشاری^۲

فیلتر آغشته شده با واکنشگر یا سایر مواد جاذب، پشت غشا یا انتشارگر قرار داده می‌شود. ایزوسیانات‌های فاز گازی با سرعت خاصی به سمت واکنشگر انتشار می‌یابند. طرح ساده آن برای نمونه برداری‌های شخصی مطلوب است، اما این نوع وسیله نمونه برداری صرفاً برای پایش بخارهای ایزوسیانات مناسب هستند. بعضی از انواع نمونه برداری‌های انتشاری، اندازه‌گیری در محل‌ها را بلافاصله پس از نمونه برداری امکان پذیر می‌سازند. سایر نمونه برداری‌های انتشاری نیاز به ابزارهای آنالیز آزمایشگاهی دارند تا نمونه‌ها را جداسازی و آنالیز کنند.

۴ وسایل با خوانش مستقیم

چندین نوع وسایل نوار کاغذی با خوانش مستقیم برای مواقعی که هوا به طور پیوسته بر روی نوار کاغذی آغشته شده با واکنشگر نمونه برداری می‌شود، در دسترس هستند. رنگ به وجود آمده به طور چشمی بررسی شده یا در حافظه برای بازیابی آتی ذخیره می‌گردد. پروفایل‌های مواجهه لحظه‌ای و طولانی مدت می‌تواند با استفاده از وسایل نوار کاغذی به دست آید، اگرچه عدم قطعیت اندازه‌گیری ممکن است بزرگ باشد. ابزارهای خوانش مستقیم برای مونومرها کالیبره می‌شوند و فقط برای تعیین مقدار ایزوسیانات‌ها در فاز بخار مناسب هستند، اما در صورت وجود مخلوطی از مونومرها قادر به تمایز آن‌ها نیستند. این ابزارها تنوع زیادی دارند و نیازمند واسنجی جداگانه برای هر ایزوسیانات هستند، با این حال همگی آن‌ها حساسیت کافی دارند (به عنوان مثال برای اندازه‌گیری مقادیر کمتر از OEL^۳) و استفاده از آن‌ها ساده است. فناوری نوار کاغذی با فنون مختلفی سازگار شده است تا پاسخ‌های «بلی/خیر» سریع در بسیاری از موقعیت‌های بحرانی ایجاد نماید. چند مثال در زیر آورده شده است:

1- Denuder filter

2- Diffusive sampling

3- Occupational exposure limit

مثال ۱: نمونه بردار رنگ سنج لکه‌ای فعال قابل حمل، ابزار نمونه برداری لکه‌ای است که می‌توان برای اندازه‌گیری بخار مورد استفاده قرار داد و از لحاظ کیفی برای آئروسول‌های متراکم ترکیبات ایزوسیاناتی مانند MDI،^۱ TDI یا^۲ HDI تا مقدار 1×10^{-12} (۱ ppb) به کار می‌رود. در عمل، یک کارت آزمون، دارای نوار کاغذی واکنش‌دهنده، در نگه‌دارنده قرار داده می‌شود و در همان حال، پمپ از پیش کالیبره شده، نمونه هوای مورد بررسی را به درون آن می‌کشد (۵ min). شدت لکه رنگ حاصل، نسبت مستقیمی با غلظت بخار ایزوسیانات موجود دارد. لکه به وجود آمده با مقایسه‌گر / محاسبه‌گر غلظت، به طور چشمی تطبیق داده می‌شود و خوانش غلظت را به صورت قسمت در بیلیون فراهم می‌آورد.

مثال ۲: وسایل انتشاری، به طور تجاری هم برای پایش شخصی کوتاه مدت و هم پایش بلند مدت بعضی از ایزوسیانات‌ها در دسترس هستند. لکه به وجود آمده بر روی وسایل انتشاری را می‌توان با استفاده از مقایسه‌گرهای رنگ چشمی یا چگالی‌سنج نوری برای صحت و اعتبار بیشتر خواند. ملاحظات ذکر شده در مورد وسایل نوار کاغذی برای این وسایل نیز کاربرد دارد.

طیف‌سنج‌های انتقال یون (IMS)^۴ برای آنالیز برخط هوای محیط کاری به کار می‌رود، اگرچه فقط برای تعیین مقدار ایزوسیانات‌ها در فاز بخار مناسب هستند.

۵ روش‌های پیشنهادی برای ایزوسیانات‌های هوابرد

در جدول ۱، خلاصه‌ای از روش‌های آنالیز و نمونه برداری ایزوسیانات‌های هوابرد ارائه شده است. روش‌هایی که دارای ویژگی‌های آنالیزی و نمونه برداری می‌باشند، با علامت + و روش‌هایی که فاقد ویژگی‌های آنالیزی و نمونه برداری می‌باشند، با علامت - نشان داده شده است. روش‌هایی که به طور شفاف دارای ویژگی‌های آنالیزی و نمونه برداری نمی‌باشند، با علامت \pm نشان داده شده است.

۱-۵ روش DBA

نمونه بردار متشکل از یک ایمپینجر حاوی محلول تولوئنی DBA و فیلتر الیاف شیشه‌ای قرار گرفته به دنبال ایمپینجر است. نمونه برداری بدون حلال، با استفاده از یک نمونه بردار که متشکل از یک لوله با دیواره داخلی پوشیده شده با فیلتر است، انجام می‌شود. فیلترها با مقادیر هم مولار DBA و استیک اسید، که تبخیر DBA فرار را کاهش می‌دهد، آغشته می‌شوند. (به استانداردهای ISO17734-1 و ISO17734-2 مراجعه شود).

1- Methylene diphenyl diisocyanate
2- Toluene diisocyanate
3- Hexamethylene diisocyanate
4- Ion mobility spectrometers

۲-۵ روش دو فیلتره^۱

نمونه‌بردار عبارت است از وسیله‌ای متشکل از فیلتر دو مرحله‌ای که در آن:

مرحله‌ی اول، فیلتر پلی‌تترافلورواتیلن (PTFE)^۲ است که ذرات هوابرد را به طور فیزیکی به دام می‌اندازد و سپس در محلول MP^۳ غوطه‌ور می‌شود تا تمام ایزوسیانات به دام انداخته شده را بلافاصله پس از نمونه‌برداری، مشتق‌سازی کند.

مرحله دوم، متشکل از فیلتر الیاف شیشه‌ای آغشته شده با ۹- (متیل آمینو متیل) آنتراسن (MAMA)^۴ است که پس از فیلتر PTFE قرار گرفته است و در آن بخارهای ایزوسیانات موجود در نمونه هوا به طور آبی مشتق‌سازی می‌شود. مشابه روش‌های فیلتر دیگر، ایزوسیانات‌های گازی و ذره‌ای می‌توانند به طور کارآمد جمع‌آوری شوند، اگرچه به دلیل آنکه فیلتر مرحله اول فاقد هرگونه واکنش‌گر مشتق‌ساز (برای پایدارسازی ایزوسیانات) است، نمونه‌بردار نباید در مواردی که احتمال دارد گونه‌های ایزوسیانات به دام افتاده با سایر ترکیبات واکنش دهند، استفاده شود. برای مثال نمونه‌برداری از آئروسول‌های واکنش‌دهنده یا نمونه‌برداری برای مدت‌های طولانی. (به استاندارد ISO 17736 مراجعه شود).

۳-۵ روش MAP

بسته به محیط مورد نمونه‌برداری، نمونه‌بردار می‌تواند متشکل از فیلتر آغشته شده با ۱- (۹-آنتراسنیل متیل) پیپیرازین (MAP)^۵، یک ایمپینجر حاوی محلول MAP در بوتیل بنزوات، با یک ایمپینجر MPA قرار داده شده به دنبال فیلتر آغشته شده با MAP باشد (به استاندارد ISO 17735 مراجعه شود).

۴-۵ روش MP

متشکل از ایمپینجر حاوی محلول تولوئن ۱- (۲- متوکسی فنیل) پیپیرازین (MP) و فیلتر پوشیده شده با MP قرار داده شده پس از ایمپینجر می‌باشد. نمونه‌برداری بدون حلال با استفاده از فیلتر الیاف شیشه‌ای پوشیده شده با MP انجام می‌شود (به استاندارد ISO 16702 مراجعه کنید).

۵-۵ روش PP

نمونه‌بردار فیلتر الیاف شیشه‌ای می‌باشد که با ۱- (۲- پریدیل) پیپیرازین (PP)^۶ آغشته شده است (به استاندارد ISO 14382 مراجعه شود).

-
- 1- Double-filter method
 - 2- Polytetrafluoroethylene
 - 3- 1-(2-methoxyphenyl) piperazine
 - 4- 9-(methylaminomethyl) anthracene
 - 5- 1-(9-anthracenylmethyl) piperazine
 - 6- 1-(2-pyridyl)piperazine

۶ آنالیز

برای آنالیز ایزوسیانات‌ها در نمونه‌های محیط کاری، روش‌های متعددی وجود دارد. بیشتر روش‌های گزارش شده برای پایش ایزوسیانات‌ها در محیط کار، مبتنی بر مشتق‌سازی ایزوسیانات‌ها با واکنش‌گرهای آمین برای تشکیل مشتق‌های اوره غیرفرار پایدار است. پس از نمونه‌برداری و به دنبال چند مرحله استخراج و/یا پایش تغلیظ، کروماتوگرافی مایع برای جداسازی مشتق‌های اوره مورد استفاده قرار می‌گیرد. تشخیص با استفاده از آشکارسازهای فرابنفش، الکتروشیمیایی، فلوروسانس یا طیف‌سنج جرمی انجام می‌گیرد. پیک‌های مشتق شده ایزوسیانات به لحاظ کیفی توسط زمان‌های بازداری آن‌ها، طیف‌ها یا نسبت‌های پاسخ آشکارساز و به لحاظ کمی توسط مساحت پیک یا ارتفاع آن تعیین می‌شوند. به دلیل نبود استانداردهای مرجع، تعیین کمی مشتقات ایزوسیانات را مشکل می‌باشد.

۷ مزاحمت‌ها

ایزوسیانات‌ها به شدت واکنش‌پذیر هستند. در صورت وجود ترکیباتی در هوا که می‌توانند با ایزوسیانات‌ها واکنش دهند، این ترکیبات با واکنشگر مشتق‌ساز رقابت می‌کنند و در نتیجه سبب آنالیز ناصحیح می‌شوند. این ترکیبات آمین‌های نوع اول و نوع دوم، الکل‌ها، آب یا سایر ترکیبات با هیدروژن‌های فعال هستند. نمونه‌برداری بدون حلال در مقایسه با نمونه‌برداری مرطوب ممکن است بیش‌تر تحت‌تاثیر واکنش‌های رقابت‌کننده قرار گیرد. آئروسول‌های واکنش‌دهنده حاوی ترکیباتی هستند که می‌توانند با واکنشگر مشتق‌ساز رقابت کنند. ترکیبات دیگر، مانند انیدریدها ممکن است با واکنشگر مشتق‌سازی واکنش دهند. مشتق‌های تشکیل شده از این واکنش‌ها ممکن است با ایزوسیانات‌های مشتق شده اشتباه گرفته شوند و منجر به خطا شوند.

۸ ملاحظات

۸-۱ ملاحظات مربوط به نمونه‌برداری و آنالیز

در طی سالیان اخیر، افزایش در مورد نمونه‌برداری ایزوسیانات‌های هوا برد منجر به درک بهتر این موضوع شده است. در بسیاری از موارد، نمونه‌برداری معمول و کم و بیش ساده است. با این حال، چند موضوع مشکل‌زا باقی است:

الف- برای برخی از فرآورده‌های ایزوسیاناتی، مقدار «واقعی» ایزوسیانات واکنش نداده (مبتنی بر یافته‌های حاصل از تیتراسیون برگشتی DBA) به طور ضعیفی با ایزوسیانات‌های آزاد اندازه‌گیری شده توسط روش‌های معمول آنالیز مطابقت می‌کند. در صورتی که گونه‌های ایزوسیانات موجود در هوا معلوم باشد، غلظت اولیه تخمین زده شده در هوا می‌تواند تصحیح شود.

ب- روش‌های ارائه شده در این استاندارد برای مقدار ایزوسیانات‌های هوابرد نزدیک به OEL بهبود یافته است. روش‌های مجزا که دارای واکنشگر مشتق‌سازی به میزان کافی باشند، یک اطمینان خاطر برای نمونه‌برداری معتبر در غلظت‌های هوایی که تا حدودی بیش از OEL باشند را فراهم می‌کند. هنگامی که غلظت‌های بسیار بالایی از ایزوسیانات‌ها برای مدت زمان طولانی نمونه‌برداری می‌شوند به دلیل مصرف واکنشگرها و در نتیجه عدم موثر بودن آن‌ها در این حالت، نتایج نمونه‌برداری قابل تایید نیست.

۸-۲ سایر ملاحظات

نظارت بر فرآورده با کیفیت خوب، برای حصول اطمینان از جابه‌جایی ایمن ایزوسیانات‌ها ضرورت دارد. اندازه‌گیری‌های هوای محیط کاری ممکن است گمراه کننده باشد، چنانچه نمونه‌برداری به شیوه صحیحی انجام نشده باشد. همه راه‌های احتمالی و وظایف کاری باید ارزیابی شود تا احتمال در معرض قرار گیری با ایزوسیانات را معلوم کند، مانند: جابه‌جایی کم یا متناوب ایزوسیانات‌ها، تمیز کردن تجهیزات، نگهداری، حرارت‌دهی، پر کردن ظروف ایزوسیانات‌ها و غیره. ارزیابی کارایی اقدامات کنترلی نیز به همان اندازه اهمیت دارد، برای مثال ابزارهای حفاظت تنفسی، کنترل‌های تهویه و غیره. تجهیزات حفاظتی شخصی مناسب برای مثال لباس‌های کار، دستکش‌ها و غیره باید هرگاه که ایزوسیانات جابه‌جا می‌شود یا مورد استفاده قرار می‌گیرد، به کار رود تا خطر مواجهه پوستی کاهش یابد. کارگران ممکن است پس از مواجهه پوستی دچار حساسیت‌های پوستی شوند.

رویکردهای مختلفی برای پایش ایزوسیانات‌ها وجود دارد. پایش برای اثبات انطباق با OEL معمولاً با استفاده از نمونه‌بردارهای شخصی انجام می‌گیرد. اندازه‌گیری‌ها برای کاهش مواجهه (کنترل تهویه و غیره) عموماً هم طبق قوانین و مقررات محلی و هم نمونه‌برداری‌های شخصی انجام می‌شود. اگر ماهیت مواجهه نامعلوم باشد یا اگر فرآورده‌های حاصل از تجزیه حرارتی یا آئروسول‌های واکنش‌دهنده معنی‌دار باشد، نمونه‌برداری پیچیده و آنالیز ضرورت می‌یابد تا انواع مختلف ایزوسیانات‌های موجود مشخص شود.

آئروسول‌های واکنش‌دهنده نیز ممکن است به علت احتمال ایجاد انواع مختلف ترکیبات حاوی ایزوسیانات که برای آن‌ها احتمال دسترسی به ترکیبات مرجع (ضروری برای آنالیز) کم است، مشکل‌زا باشد. ضروری است آزمایشگاه تجزیه‌ای به داده‌های ایمنی مواد برای ایزوسیانات‌ها دسترسی داشته باشد. همچنین در این استاندارد، اطلاعات دیگری در مورد نمونه‌برداری و آنالیز ایزوسیانات‌ها در هوا برای تعیین ایزوسیانات‌ها هوابرد در معرض ارائه شده است. نمونه‌برداری و تجزیه می‌تواند با معلوم شدن ویژگی‌های گسترده با احتمال در معرض قرار گرفتن، ساده شود. در هر حال، تغییرات در فرایند تولید (برای مثال استفاده از فرمولاسیون‌های مختلف، اصلاحات مواد و خط فرایند) ممکن است نیازمند اندازه‌گیری‌های بیشتر باشد.

جدول ۱- خلاصه‌ای از روش‌های نمونه‌برداری / آنالیز ایزوسیانات‌ها

روش					نمونه‌برداری:
PP	MP	MAP	دو فیلتره	DBA	
نمونه‌برداری:					
-	-	-	+ ^a	±	جداسازی فاز (بخار / ذره)
+ ^b	+ ^b	+ ^b	+ ^b	+	جمع‌آوری موثر (ذرات کوچک)
+	+	+	+	+	بدون ایمپینجر ^c
۰٫۲۵-۴	۰٫۲۵-۸ ^d	۱۰	۰٫۲۵	۰٫۲۵-۸ ^d	بیشینه زمان نمونه‌برداری (ساعت)
تجزیه صحیح:					
-	± ^e	±	±	+	مواد ناشناخته (شناسایی) ^e
-	±	±	±	+	مواد با جرم مولکولی پایین (به عنوان مثال methyl NCO) ^f
+	+	+	+ ^g	+	مواد ناپایدار
+	+	+	+ ^a	+	مواد فرار
+ ^l	+	+	+ ^h	+	ذرات بزرگ
-	-	-	-	+	آمینو ایزوسیانات‌ها
-	-	-	-	-	پیش پلیمرها
-	+ ^k	+ ^j	- ^e	+ ⁱ	گروه NCO (اندازه‌گیری مستقیم)
<p>^a آئروسول‌های فراری که در ابتدا بر روی فیلتر جلویی به دام انداخته شده‌اند، ممکن است در فیلتر دوم از بین بروند. اگرچه جداسازی فاز کاهش می‌یابد، مواد ایزوسیاناتی فرار بر روی فیلتر دوم آشکار می‌شود. به طریق مشابه، مزاحمت‌های فعال (برای مثال الکل‌ها) در حالت‌های مجزا امکان دارد با ایزوسیانات‌های مشتق نشده در فیلتر اول، حتی در زمان‌های نمونه‌برداری کوتاه واکنش دهند.</p> <p>^b در همه روش‌ها، فیلتر نهایی مورد استفاده قرار می‌گیرد تا آفت ذرات کوچک در ایمپینجر را کاهش دهد. فیلتر باید در محل واجذب شود.</p> <p>^c روش‌های مبتنی بر فیلتر آسان‌تر است. اگرچه برای بعضی از ایزوسیانات‌های با جرم مولکولی پایین روش‌های ایمپینجر احتمال کاهش از طریق بخار را کم می‌کنند. روش دوفیلتره روشی غیرایمپینجر است.</p> <p>^d زمان کوتاه در گستره به ایمپینجر اطلاق می‌شود و زمان طولانی به فیلتر (عدم استفاده از ایمپینجر). حلال غیرفرار (همانند روش MPA) در مقایسه با روش‌های ایمپینجر که از حلال‌های فرار استفاده می‌کنند، امکان زمان نمونه‌برداری طولانی‌تری را فراهم می‌کند.</p> <p>^e روش‌های MP و MAP برای اندازه‌گیری غلظت گروه‌های فعال NCO ارائه شده است. در صورتی که آشکارسازی MS در طی آنالیز MP استفاده شود، مواد ناشناخته را می‌توان شناسایی کرد. روش دو فیلتره برای اندازه‌گیری ایزوسیانات‌های خاص ارائه شده است.</p> <p>^f متیل ایزوسیانات و ایزوسیانیک اسید را در صورتی که از فیلتر پشتیبان استفاده شود می‌توان با روش MP تعیین کرد.</p> <p>^g روش دوفیلتره برای نمونه‌برداری کوتاه‌مدت با استخراج در محل ارائه شده است و فقط برای گونه‌هایی که در مدت نمونه‌برداری پایدار باشند، در نظر گرفته شده است.</p> <p>^h به منظور جلوگیری از اتلاف ایزوسیانات حاوی ذرات بزرگ‌تر، فیلتر باید در محل استخراج شود (واجذب شود).</p> <p>ⁱ کالیبراسیون روش DBA متکی بر MS و استانداردهای داخلی دوتریم‌دار شده می‌باشد.</p> <p>^j مشتقات ایزوسیانات - MAP یک پاسخ UV ثابت برای اندازه‌گیری NCO را نشان می‌دهد. از دومین آشکارساز مستقل می‌توان جهت شناسایی ایزوسیانات‌ها استفاده کرد.</p> <p>^k روش MP با دو آشکارساز مستقل (UV و EC) برای شناسایی ایزوسیانات‌ها استفاده می‌شود. همچنین آشکارسازهای MS را می‌توان استفاده کرد مشروط بر آنکه مواد مرجع مشتق‌سازی خالص در دسترس باشند.</p> <p>^l در صورت وجود ذرات بزرگ مشکوک، فیلتر PP را در محل استخراج کنید.</p>					

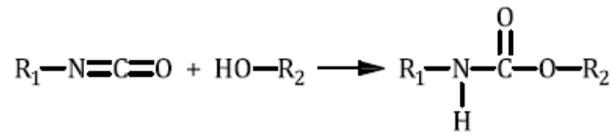
پیوست الف

(الزامی)

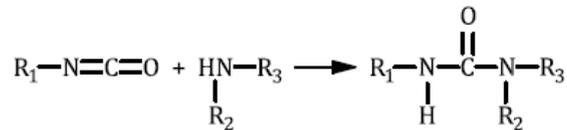
ایزوسیانات‌ها

الف- ۱ ایزوسیانات‌ها

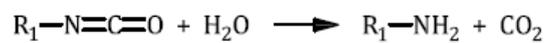
ایزوسیانات‌ها ترکیباتی هستند که دارای یک یا چند گروه $-N=C=O$ متصل به یک مولکول آروماتیک یا آلیفاتیک می‌باشند. ترکیباتی که دارای گروه‌های نوکلئوفیلی با هیدروژن فعال هستند، به سهولت با ایزوسیانات‌ها واکنش می‌دهند، همانند واکنش با آمین‌های نوع اول و نوع دوم برای تشکیل ترکیبات اوره و واکنش با الکل‌ها و فنول‌ها برای تشکیل ترکیبات اورتانی.



الف- واکنش با الکل برای تشکیل اورتان



ب- واکنش با آمین برای تشکیل اوره



پ- واکنش با آب برای تشکیل آمین متناظر

شکل ۱- واکنش‌های ایزوسیانات

قرار گرفتن در معرض ایزوسیانات‌ها ممکن است باعث ایجاد اختلالات تنفسی و حساسیت‌های پوستی شود و یکی از علت‌های اصلی آسم شغلی است. از این رو، ایزوسیانات‌ها از جمله ترکیباتی با پایین‌ترین حدود مواجهه شغلی (OELs)^۱ محسوب می‌شوند که حضور آن‌ها باید در موقعیت‌های مختلف مواجهه مورد پایش قرار گیرد.

الف - ۲ ایزوسیانات‌ها در صنعت

ایزوسیانات‌های دارای دو یا چند گروه عاملی (تعداد گروه‌های $-N=C=O$) برای تولید پلی‌اورتان‌ها (PUR)^۲ مورد استفاده قرار می‌گیرند. متداول‌ترین ایزوسیانات‌های مورد استفاده برای تولید فوم‌های انعطاف‌پذیر و سخت، متیلن‌دی‌فنیل‌دی‌ایزوسیانات (MDI) آروماتیک و تولوئن‌دی‌ایزوسیانات (TDI) هستند. دو ایزوسیانات آلیفاتیک عمده مورد مصرف برای مواد پوششی و آلاستومرها، هگزا متیلن‌دی‌ایزوسیانات (HDI) و ایزو فرون‌دی‌ایزوسیانات (IPDI)^۳ می‌باشند.

در صنعت به طور عمده از فرآورده‌های ایزوسیانات با درجه خلوص صنعتی استفاده می‌شود. این فرآورده‌ها در بیشتر موارد متشکل از ایزومرهای مونومری^۴ و الیگو ایزوسیانات‌های^۵ مختلفی هستند که گروه‌های عاملی مختلفی دارند و اغلب به آن‌ها پلی‌ایزوسیانات‌های مونومر دی‌ایزوسیانات اطلاق می‌شود. فرآورده‌های TDI با موارد مصرف فراوان، از ایزومرهای TDI-4,2 و TDI-6,2 تشکیل شده‌اند. از فرآورده‌های MDI صنعتی اغلب با نام MDI پلیمری (pMDI)^۶ یاد می‌شود که مخلوطی از ایزومرهای MDI مونومری و پلی‌ایزوسیانات‌ها با جرم مولکولی بالاتر هستند. کاربرد فرآورده‌های HDI بیش‌تر برای رنگ‌های اسپری است که حاوی کم‌تر از ۱٪ مونومر HDI با اجزای عمده ایزوسیانات‌های HDI و/یا بیورت HDI و الیگومرهای آن‌هاست. راه دیگری برای تولید پلی‌ایزوسیانات واکنش‌دی‌الک‌ها یا الکل‌های چند عاملی با مقدار زیادی مولکول‌های ایزوسیانات است، که منجر به مخلوط‌های پیش‌پلیمر ایزوسیانات‌ها می‌شود. علاوه بر خواص عملکرد شیمیایی بهبود یافته، پیش‌پلیمرها سبب کاهش خطر قرار گرفتن در معرض بخارات ایزوسیانات از طریق کاهش مقدار مونومر موجود در فرآورده می‌شوند. مثال‌هایی از هوای محیط کار که در آن از ایزوسیانات عمدتاً به عنوان بخشی از یک فرایند صنعتی استفاده می‌شود و هوای محیط کار دیگر که در آن ایزوسیانات می‌تواند ناخواسته در طول یک فرایند یا فعالیت تولید شود، در جدول الف-۱ ارائه شده است.

-
- 1- Occupational exposure limits
 - 2- Polyurethanes
 - 3- Isophorone diisocyanate
 - 4- Monomeric isomers
 - 5- Oligoisocyanates
 - 6- Polymeric MDI

الف- ۳ ایزوسیانات‌های هوابرد^۱

ایزوسیانات‌های هوابرد در هوای محیط کاری ممکن است هم در فاز گازی و هم در فاز ذره‌ای یافت شوند. توزیع آن بستگی به خواص فیزیکی ایزوسیانات و ماهیت کارهای انجام شده در محیط دارد که سبب ورود این مواد به محیط می‌شود. TDI مونومری و HDI دارای فشار بخار کافی (در دمای اتاق) برای تولید ایزوسیانات‌های فاز گازی هوا در مقادیری بیش از OELs هستند، در حالی که MDI، محصولات افزایشی HDI، و پیش پلیمرها دارای فشار بخار پایین‌تر هستند، در نتیجه، سطوح ایزوسیانات‌های فاز گازی کمتر از OELs (در دمای اتاق) خواهد بود. در صورت گردپاشی^۲ (آئروسولیزاسیون)، مقادیر آن‌ها در هوا می‌تواند بیش‌تر از OEL باشد، حتی اگر فشار بخار کم باشد. ذرات هوابرد حاوی ایزوسیانات‌ها ممکن است حاوی پلی‌ال‌ها و اجزای دیگری از فرمولاسیون نیز باشند که می‌توانند با ایزوسیانات‌ها واکنش نشان دهند (آئروسول‌های واکنش‌گر).

پلی‌اورتان‌ها در دماهای بالاتر از 150°C تا 200°C شروع به تجزیه در اثر حرارت می‌کنند، که منجر به انتشار دی ایزوسیانات‌های مونومری، مونو ایزوسیانات‌ها، آمینو ایزوسیانات‌ها و آمین‌ها هم در فاز گازی و هم در فاز ذره‌ای می‌شود. رزین‌های بر پایه اوره نیز همانند پلی‌اورتان‌ها ممکن است هنگام حرارت دیدن ایزوسیانات ایجاد کنند. برکه‌های داده‌های ایمنی ممکن است حاوی اطلاعات کافی در مورد ترکیبات ایجاد شده در طی تجزیه گرمایی نباشند.

1- Airborne
2- Aerosolization

جدول الف-۱- مثال‌هایی از موارد مصرف در ایزوسیانات‌ها و/یا تولید آن‌ها در صنعت

فعالیت / صنعت	استفاده سرد	استفاده گرم
صنعت خودروسازی، کشتی‌ها، فضاپیماها و قطارها	رنگ‌کاری، پرکردن، درزبندی، نصب پنجره اتومبیل، اتصال قسمت‌ها، ساخت کامپوزیت‌ها، پرسکاری تودوزی، پرسکاری پانل آکوستیک، پوشش کف کامیون	برش، جوشکاری، تراش فلزات، حذف پنجره اتومبیل، حذف درزبندی زیرین
صنایع ساختمانی	درزبندی، اتصال قسمت‌ها، رنگ‌کاری، بتونه‌کاری، پوشش کف‌ها و دیوارها، عایق‌بندی و پوشش بام	جابه‌جایی پشم شیشه، جوشکاری میل‌گرد، جوشکاری لوله‌های مسی، زدودن رنگ‌ها، عایق‌بندی لوله‌ها
صنایع پوشاک و تفریحی	ساخت منسوجات PUR، کفش‌ها و زمین‌های ورزشی و تجهیزات ورزشی	لایه‌بندی شعله‌ای
صنایع الکتریکی و الکترونیکی	بسته‌بندی، چسب‌زنی، ریخته‌گری	لحیم‌کاری برد مدار، اتصال فیبرهای نوری و سیم‌های جلادار، عایق‌بندی کابل‌ها، باکلیت حرارتی
صنایع رنگ	ساخت رنگ‌های اتومبیل و صنعتی	زدودن رنگ‌ها و جلاها با حرارت
ریخته‌گری	ساخت هسته‌های جعبه سرد	ساخت با روش جعبه گرم هسته‌های ریخته‌گری شده و سنباده‌زنی بدنه
زمینه‌های گرافیکی	ساخت جوهر برای چاپگرها، لایه‌بندی	عمل‌آوری، لایه‌بندی
صنایع غذایی	بسته‌بندی مواد غذایی	تعمیر نقاله‌ها، درزبندی حرارتی مواد بسته‌بندی
صنایع پلاستیک	ساخت فوم‌ها، قطعات اتومبیل	برش سیم‌های گرم
ساخت تونل‌ها و عملیات در معادن	درزبندی، تثبیت صخره‌ها	خودافروزی
صنایع چوب و مبلمان	ساخت پانل‌های چوبی کامپوزیت، استفاده از چسب‌ها، جلاها، رنگ‌کاری، رویه‌دوزی مبلمان	پرس، برش، زدودن رنگ‌ها و جلاها با رنگپاش هوای گرم
مهندسی	چسب‌زنی، ساخت الاستومرها، رنگ‌کاری، عایق‌بندی، ثابت‌کننده‌ها	تعمیرات و حذف مواد پلی‌اورتان توسط حرارت
صنعت کالاهای سفید	ساخت یخچال‌ها، فریزرها (با عایق PUR)، رنگ‌کاری	عایق‌بندی پشم معدنی، علایم تضمین کیفیت، تعمیرات
مراقبت‌های پزشکی	بانداز کردن، پرکردن، تجهیزات	
اطفای حریق		پشم شیشه، پلی‌اورتان در اثاث و قطعات داخلی

یادآوری - باکلیت نام تجاری فرآورده‌ای می‌باشد که به صورت تجاری در دسترس است.

پیوست ب

(الزامی)

تغییرات اعمال شده در این استاندارد ملی در مقایسه با استاندارد منبع

- مطالب مربوط به بندهای ۲، ۳ و ۴ و همچنین جدول ۱ استاندارد منبع به بخش پیوست الف این استاندارد منتقل شده است.

کتابنامه

- [1] Streicher R .P., R eh C.M., Key-Schwartz R .J., S chlecht P.C., C assinelli M .E., O 'Connor P.F. Determination of Airborne Isocyanate Exposure: Considerations in Method Selection. AIHAJ. 2000, 61 pp. 544–556