بررسی برنامه زمانبندی تعویض کارتریج ماسک‌های تنفسی ویژه بخارت آلی در یک صنعت پتروشیمی

مهدی جهانگیری [۱]، جواد عدل [۲]، سید جمال الدین شاه طاهری [۳]، حسین کاکویی [۴]، عباس رحیمی فروشانی [۵]، علیمراد رشیدی [۶]، امیر قربانعلی [۷]

تاریخ دریافت: ۸۹/۰۶/۱۴ تاریخ ویرایش: ۸۹/۰۷/۲۷ تاریخ پذیرش: ۸۹/۰۸/۰۳

چکیده

زمینه و هدف: در نبود شاخص انتهای طول عمر (End of Service Life Indicator)(ESLI) برای آگاهی از زمان تعویض کارتریج‌های ماسک‌های تنفسی ویژه بخارات آلی، لازم است از برنامه زمانبندی تعویض کارتریج برای حصول اطمینان از اینکه کارتریج ها قبل از انتهای طول عمرشان جایگزین می شوند، استفاده شود.

این مطالعه با هدف بررسی کارایی برنامه تعویض کارتریج ماسک‌های تنفسی و ارائه یک برنامه صحیح به منظور تعویض به موقع کارتریج‌ها در یکی از صنایع پتروشیمی کشور انجام شد.

روش بررسی: طلاعات مربوط به معیار، تعداد و فواصل تعویض کارتریج ها از طریق بررسی سوابق موجود در صنعت به دست آمد. بالاترین مقادیر اندازه‌گیری شده شرایط محیطی به عنوان بدترین شرایط جهت تخمین طول عمر در نظر گرفته شد. اطلاعات و مشخصات فنی کارتریج و ماسک مورد استفاده در صنعت از طریق مکاتبه با سازنده به دست آمد.

برای تخمین طول عمر استفاده از کارتریج ها از برنامه نرم افزاری ارائه شده از سوی سازنده استفاده شد و معیار تخمین زمان عبور آلاینده ۱۰٪ حدود تماس شغلی در نظر گرفته شد.

یافته ها: نتایج این مطالعه نشان داد که صنعت مورد مطالعه فاقد برنامه زمان‌بندی موثر برای تعویض به موقع کارتریج های ماسک های تنفسی بوده و فواصل زمانی فعلی تعویض کارتریج در این صنعت با برنامه تدوین شده در این مطالعه اختلاف معنی‌دار داشت.

نتیجه‌گیری: تکیه بر آستانه بویایی و دیگر خواص هشدار دهنده به عنوان تنها مبنای تعیین اینکه ماسک‌های تنفسی تصفیه کننده هوا مجاز نبوده و لازم است بر اساس اطلاعات محیط کار و مشخصات کارتریج ماسک تنفسی نسبت به تدوین و اجرای یک برنامه زمان‌بندی موثر جهت تعویض به موقع کارتریج ها اقدام گردد.

کلیدواژه: برنامه تعویض، کارتریج ماسک‌های تنفسی، بخارات آلی، پتروشیمی.

مقدمه

ماسک های تنفسی ویژه بخارت آلی دسته‌ای از ماسک های تنفسی تصفیه کننده هوا می باشند که استفاده از آنها در محیط‌های کاری به منظور حفاظت کارکنان در برابر گازها و بخارات آلی به ویژه در مواقعی که امکان اجرای اقدامات کنترل مهندسی وجود ندارد یا به عنوان یک اقدام مکمل اقدامات کنترلی و یا در شرایطی همچون کارهای کوتاه مدت (نظیر کارهای تعمیراتی و..) و در مواقع نصب و تعمیر اقدامات کنترل

۱ – دانشگاه علوم پزشکی تهران، دانشکده بهداشت، گروه بهداشت حرفه ای، تهران، ایران.

۲– (نویسنده مسئول)، دانشگاه علوم پزشکی تهران، دانشکده بهداشت، گروه بهداشت حرفه ای، تهران، خیابان پورسینا، دانشگاه علوم پزشکی تهران، دانشکده بهداشت، گروه بهداشت حرفه‌ای، تلفن: ۸۸۹۵۱۳۹۰ –۰۲۱، adljavad@sina.tums.ac.ir

۳– دانشگاه علوم پزشکی تهران، دانشکده بهداشت، گروه بهداشت حرفه ای، تهران، ایران.

۴– دانشگاه علوم پزشکی تهران، دانشکده بهداشت، گروه بهداشت حرفه ای، تهران، ایران.

۵– دانشگاه علوم پزشکی تهران، دانشکده بهداشت، گروه آمار زیستی

۶– پژوهشگاه صنعت نفت، مرکز نانوتکنولوژی

۷– دانشگاه تهران، دانشکده فنی، گروه مهندسی شیمی

[Downloaded from ioh.iums.ac.ir on 2025-07-18]

مهندسی، در صنایع پتروشیمی اجتناب ناپذیر است و تقریبا در همه شرکت‌های پتروشیمی کارکنان جهت حفاظت خود در شرایط ذکر شده از ماسک های تنفسی استفاده می‌کنند. این ماسک‌ها دارای یک یا چند کارتریج حاوی ماده جاذب (معمولا کربن فعال) بوده و لازم است کارکنان قبل از اشباع شدن جاذب و عبور آلاینده از آن ، نسبت به تعویض کارتریج اقدام نمایند تا از مواجهه بیش از حد آنها با آلاینده های شیمیایی، پیشگیری شود.

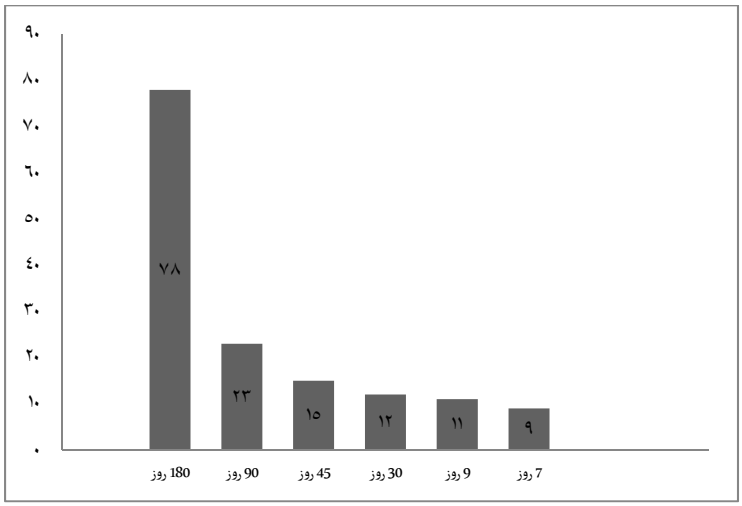
مطابق استاندارد موسسه ایمنی و بهداشت شغلی آمریکا (Occupational Safety and Health Association (OSHA) [۱]، تکیه بر آستانه بویایی و دیگر خواص هشدار دهنده به عنوان تنها مبنای تعیین اینکه ماسک‌های تنفسی تصفیه کننده هوا حفاظت کافی را در برابر مواجهه با گازها و بخارات آلاینده فراهم می‌آورند، مجاز نیست. بر طبق این استاندارد لازم است از ماسک‌های تصفیه هوا که مجهز به شاخص انتهای طول عمر(End of Service Life Indicator) (ESLI) هستند، استفاده شود و در صورتی که ماسکها فاقد چنین شاخصی باشند، لازم است بر اساس اطلاعات محیط کار و مشخصات کارتریج ماسک تنفسی نسبت به تدوین و اجرای یک برنامه زمانبندی تعویض کارتریج یا کانیستر اقدام گردد تا بدین ترتیب اطمینان حاصل شود که کارتریج ها قبل از انتهای طول عمرشان جایگزین می‌شوند. لذا نظر به اینکه در حال حاضر ESLI فقط برای برخی مواد محدود نظیر سولفید هیدروژن، منوکسید کربن، اتیلن اکساید، جیوه و وینیل کلراید موجود است و برای ترکیبات آلی چنین شاخصی وجود ندارد [۲]، در عمل لازم است برای آگاهی از زمان تعویض کارتریج ها نسبت به تدوین برنامه زمانبندی تعویض کارتریج اقدام گردد.

مبنای تدوین برنامه زمانبندی تعویض کارتریج در حالت ایده آل تست عبور آلاینده در شدید ترین شرایط از نظر غلظت آلاینده، رطوبت، دما و فلوی هوای عبوری از فیلتر در یک محیط آزمایشگاهی است [۳]، ولی از آنجا که استفاده از این روش در عمل برای متخصصین بهداشت صنعتی در محیط کار عملی نیست، مدل‌های ریاضی نیز به این منظور توسط محققین ارائه شده است. در این مدلهای ریاضی توجه به اطلاعات محیط کاری که در آن کارتریج‌ها مورد استفاده قرار می گیرند (شامل دما و رطوبت محل کار، نوع و علظت آلاینده های محیط کار)، اطلاعات فنی کارتریج (میزان ماده جاذب، دانسیته بالک ، حجم میکروپور کربن و تعداد کارتریج ها در هر ماسک) و همچنین فلوی هوای تنفسی کارگر (با توجه به نوع کاری که انجام می دهد) طول عمر کارتریج به طور تقریبی تخمین زده می شود. برخی از سازندگان کارترج ها نیز بر مبنای همین مدلهای ریاضی، یک سری برنامه های نرم افزاری جهت تخمین طول عمر کارتریج هایشان ارائه داده اند.

اگر چه مطالعاتی که به طور اختصاصی در ارتباط با تدوین برنامه زمانبندی تعویض کارتریج باشند، بسیار محدود است ولی مطالعات زیادی در زمینه ارزشیابی کارایی کارتریج های ماسک های تنفسی و تدوین مدلهایی برای تعیین طول عمر کارتریج ماسک های تنفسی انجام شده است و در آنها اثر متغیرهای مختلف شامل شکل یا ساختار کارتریج و میزان ماده جاذب [۴]، فلو و نوع جریان هوا (یکنواخت یا ضربانی) [۵،۶و۷]، غلظت [۸]، رطوبت و دما[۹، ۱۰و۱۱]، نوع آلاینده [۱۲،۱۳، ۱۴و۱۵] مورد بررسی قرار گرفته است. این مطالعات نشان داده است که طول عمر کارتریج ماسک های تنفسی بخارات آلی به طور عکس با نرخ تنفسی کارگر و به طور مستقیم با میزان جاذب درون کارتریج متناسب است[۴]. از طرفی رطوبت نسبی بالای ۸۵ درصد طول عمر کارتریج در برابر بخارات آلی را ۵۰ درصد کاهش می دهد چرا که بخار آب جانشین بخارات آلی در مواد جاذب می شود و با هر ۱۰ درجه افزایش دما طول عمر بین ۱ تا ۱۰ درصد کاهش می یابد [۹و ۱۰]. همچنین کاهش ۱۰ برابری غلظت آلاینده در محیط کار کل طول عمر را ۵ برابر افزایش می دهد[۱۲].

در پی انجام مطالعات مختلف در زمینه طول عمر کارتریج ها، مدل ها و معادلات مختلفی نیز در زمینه پیش بینی و تخمین طول عمر کارتریج ها ارائه شده

[Downloaded from ioh.iums.ac.ir on 2025-07-18]



نمودار۱- توزیع فراوانی تعداد کارتریج های ارائه شده به کارکنان بر حسب فواصل تعویض کارتریج

است که از جمله مهمترین آنها می توان به معادله D/R، مدل مکلنبرگ، مدل ویلر ،مدل یون- نلسون [۱۶] و مدل وود [۱۷] اشاره کرد. کاربرد مدل وود برای محیطهای کاری تک آلاینده ای و مخلوط کاربرد داشته [۱۸] و در حال حاضر در بسیاری از نرم افزارهای سازندگان کارتریج و همچنین برنامه های نرم افزاری NIOSH و OSHA برای تخمین طول عمر کارتریج ماسک‌های تنفسی مورد استفاده قرار می گیرد [۱۴].

با توجه به موارد فوق این مطالعه با هدف بررسی کارایی برنامه موجود در صنعت مورد مطالعه برای تعویض کارتریج ماسک‌های تنفسی و ارائه یک برنامه صحیح به منظور جایگزینی به موقع کارتریج ماسک های تنفسی با توجه به شرایط محیط کار، در یکی از صنایع پتروشیمی کشور انجام شده است.

روش بررسی

الف) گردآوری اطلاعات مربوط به معیار و فواصل تعویض کارتریج در صنعت مورد مطالعه: به منظور اطلاع از معیار مورد استفاده در صنعت مورد مطالعه جهت تعویض کارتریج ها از فرمی به همین منظور تهیه و در اختیار افراد استفاده کننده از ماسک و همچنین مسئول ایمنی صنعت محل مطالعه قرار گرفت. همچنین فواصل تعویض کارتریج ها نیز از طریق بررسی سوابق انبار داری تحویل کارتریج ها به کارکنان در طول یکسال گذشته مشخص گردید.

ب) تعیین شرایط محیط کار: برای تعیین نوع و میزان مواجهه کارکنان با آلاینده های محیط کار از سوابق پایش و اندازه گیری آلاینده های محیط کار که به شیوه نمونه برداری فردی که در دو فصل سال (زمستان و تابستان) انجام شده و در واحد HSE صنعت موجود بود، استفاده گردید. به منظور نمونه گیری آلاینده‌ها در صنعت از پمپ نمونه برداری فردی (با دبی ۲۰۰ میلی لیتر بر دقیقه) و لوله های زغال فعال و سیلیکاژل استفاده گردیده و تجزیه نمونه ها بر طبق روشهای انستیتوی ملی ایمنی و بهداشت حرفه‌ای (National Institute of Occupational (NIOSH) Safety and Health) برای ترکیبات آلی فرار ، با استفاده از دستگاه کروماتوگرافی طیف سنج جرمی انجام شده بود.

به منظور در نظر گرفتن بدترین شرایط مواجهه کارکنان در تخمین طول عمر، میانگین مقادیر اندازه‌گیری شده با انحراف معیار این مقادیر جمع گردید و حاصل آن به عنوان معیار در محاسبه طول عمر در نظر گرفته شد. نتایج پایش آلاینده های محیط کار با استفاده از نرم افزار SPSS ویرایش ۱۳ آنالیز گردید و $p<۰/۰۵$ نیز به عنوان سطح معنی داری در نظر گرفته

[Downloaded from ioh.iums.ac.ir on 2025-07-18]

جدول ۱- میزان مواجهه کارکنان با مواد شیمیایی هوابرد در واحد های مختلف یکی از شرکتهای پتروشیمی و مقایسه آن با

نام واحد	مواد شیمیایی	میانگین غلظت اندازه گیری شده* (پی پی ام)	انحراف معیار	حدود آستانه مجاز (TLV-TWA) (پی پی ام)	p-value
آروماتیک	بنزن	۱/۵۵	۵/۳۴	۰/۵	<۰/۰۰۱
	تولوئن	۲/۴۳	۱۱/۹۳	۲۰	<۰/۰۰۱
	زایلن	۲/۳۵	۳ /۹۴	۱۰۰	<۰/۰۰۱
	فنل	۰/۰۷۷	۰/۶۵	۵	<۰/۰۰۱
پارازایلن	پارازایلن	۱/۰۲	۹/۹۱	۱۰۰	<۰/۰۰۱
	متازایلن	۱/۳۴	۲/۰۹	۱۰۰	<۰/۰۰۱
	ارتوزایلن	۷/۹۴	۴۷ /۷۸	۱۰۰	<۰/۰۰۱
	اتیل بنزن	۰/۸۰	۳۴ /۶۹	۱۰۰	<۰/۰۰۱
الفین	تولوئن	۶/۳	۳	۲۰	<۰/۰۰۱
	اتیلن اکساید	۱/۱۳	۱/۷۹	۱	۰/۸۱۷
	۱و۳ بوتادین	۱/۸۴	۲/۴۷	۲	۰/۹۰۶
	پروپیلن اکساید	۸/۹۵	۱۴/۹۹	۲	۰/۲۲۸
واحد پلی وینیل کلراید	وینیل کلراید	۱/۳۱	۷/۶۶	۵	<۰/۰۰۱
واحد BDSR	استایرن	۱/۰۳	۰/۶۷	۲۰	<۰/۰۰۱
	۱ و ۳ بوتادین	۰/۴۳	۰/۴۰	۲	۰/۰۰۱

*منظور میانگین مقادیر اندازه گیری شده در نقاط مختلف سایت می باشد.

شد. اطلاعات مربوط به مقادیر دما ورطوبت محیط کار نیز از بانک اطلاعاتی سازمان هواشناسی کشور[۱۹] در مورد شهرستان محل انجام مطالعه در گرم ترین ماه سال (به عنوان بدترین شرایط) طی یکسال گذشته استفاده گردید و بالاترین مقادیر دما (۴۷ درجه سانتی گراد) و درجه رطوبت نسبی (۸۵ درصد) جهت تخمین طول عمر کارتریج مورد استفاده قرار گرفت. فشار جو ۱ اتمسفر و نرخ کاری افراد نیز با توجه به تقسیم بندی انجام شده توسط سازنده حدود ۳۰ لیتر بر دقیقه (کار سبک) در نظر گرفته شد.

ج) گردآوری اطلاعات و مشخصات کارتریج مورد استفاده: اطلاعات فنی و مشخصات کارتریج و ماسک مورد استفاده در صنعت مورد بررسی از طریق مکاتبه با سازنده و همچنین بررسی کاتالوگ مشخصات آن به دست آمد[۲۰].

د) تخمین طول عمر و تدوین برنامه زمانبندی تعویض کارتریج: برای تخمین طول عمر استفاده از کارتریج از برنامه نرم افزاری سازنده که بر اساس معادله وود بوده و از طریق وب سایت اینترنتی این شرکت [۲۰] در دسترس می باشد استفاده گردید . برای این منظور اطلاعات مربوط به نوع و غلظت آلاینده های محیط کار و شرایط محیطی (دما و رطوبت) وارد نرم افزار گردید. نوع کار کارکنان نیز با توجه به طبقه بندی انجام شده توسط نرم افزار، کار متوسط و معیار محاسبه طول عمر نیز ۱۰٪ حدود تماس شغلی در نظر گرفته شد.

یافته‌ها

الف) فواصل تعویض و معیار تعویض کارتریج ماسک های تنفسی در شرکت های پتروشیمی: در نمودار شماره ۱ توزیع فراوانی تعداد کارتریج های ارائه شده به کارکنان بر حسب فواصل تعویض کارتریج ها نشان داده شده است. همانطور که در این نمودار مشاهده می شود، فواصل تعویض کارتریج در شرکت پتروشیمی مورد مطالعه متغیر و از هفت روز تا شش ماه (حدود ۱۸۰ روز) متفاوت بوده و مطابق اطلاعات به دست آمده از واحد HSE شرکت پتروشیمی محل مطالعه، فواصل

[Downloaded from ioh.iums.ac.ir on 2025-07-18]

جدول ۲- مشخصات و اطلاعات فنی کارتریج مورد استفاده در صنعت مورد مطالعه[۲۰]

نام سازنده کارتریج	مدل	وزن جاذب (گرم)	Carbon)حجم میکروپور کربن Micropore Volume) (سانتی متر مکعب بر گرم)	دانسیته بالک جاذب (Sorbent Bulk Density) (گرم بر سانتی متر مکعب)	قطر بستر جاذب (Diameter of sorbent bed) (سانتی متر)	تعداد کارتریج در هر ماسک
MSA	GMA-Comfo Classic	۳۷	۰/۷۵	۰/۴	۷/۴	۲

معمول ارائه کارتریج به کارکنان هر شش ماه می باشد و چنانچه در این فاصله کارکنان بوی مواد شیمیایی را در کارتریج احساس کنند و یا کارتریج آسیب ببینند، می توانند با تحویل کارتریج قبلی، کارتریج جدید دریافت کنند. به هر حال مهمترین معیار تعویض کارتریج، احساس بوی مواد شیمیایی در داخل کارتریج و گزارش آن از سوی کارکنان بود.

در طول یکسال گذشته ۱۴۸ فیلتر به کارکنان تحویل داده شده است. تعداد ۲۰ عدد از این کارتریج ها جهت استفاده در یک فرایند خاص نمونه گیری استفاده شده و در فواصل ۹ الی ۱۱ روز تعویض شده اند. بقیه ماسک ها برای بازرسی های معمول از سایت (که طبق بررسی‌های کارشناس بهداشت حرفه ای میزان مواجهه با مواد شیمیایی کمتر از حدود مجاز مواجهه بوده است) مورد استفاده قرار گرفته بودند که در این شرایط فواصل تعویض ماسک ها از ۳۰ روز تا شش ماه یکبار متفاوت بوده است.

ب) نوع و غلظت آلاینده های محیط کار: در جدول شماره ۱ نوع و غلظت آلاینده های محیط کار و به عبارتی میزان مواجهه کارکنان استفاده کننده از ماسک با آلاینده های شیمیایی، در واحد های مختلف شرکت پتروشیمی مورد مطالعه نشان داده شده است. همانطور که در این جدول مشاهده می شود، میزان مواجهه کارکنان با بنزن در واحد آروماتیک از حدود تماس شغلی فراتر بوده و این اختلاف بر طبق آزمون آماری One sample T-test معنی دار می باشد($p<۰/۰۰۱$). همچنین میزان مواجهه کارکنان با اتیلن اکساید و پروپیلن اکساید از حدود تماس شغلی بالاتر می باشد ولی تفاوت آنها با مقادیر حدود تماس شغلی معنادار نمی باشد.

مشخصات کارتریج مورد استفاده: در جدول شماره ۲ مشخصات و اطلاعات فنی کارتریج مورد استفاده در صنعت مورد بررسی مشاهده می شود.. این کارتریج ساخت کشور آمریکا و ویژه محافظت در برابر بخارات آلی می باشد.

تخمین طول عمر کارتریج های مورد مطالعه: در جدول شماره ۳ طول عمر کارتریج ماسک‌های تنفسی مورد استفاده در شرکت پتروشیمی مورد مطالعه که با استفاده از نرم افزار سازنده و همچنین برنامه نرم افزاری NIOSH تحت عنوان Multivaporدر حالت منفرد و مخلوط محاسبه شده و سپس بر اساس نتایج این محاسبات و همچنین در نظر گرفتن استانداردها و الزامات OSHA برای این مواد، برنامه پیشنهادی برای تعویض کارتریج ها داده شده است.

معیار محاسبه طول عمردر نرم افزار سازنده ۱۰٪ حدود تماس شغلی (PEL) سازمان ایمنی و بهداشت حرفه ای آمریکا (OSHA) و در مورد مدل ریاضی NIOSH Multivapor (۱۰٪ حدود آستانه مجاز (TLV) ارائه شده از سوی ACGIH- [۲۱] است. لازم به ذکر است در مواردی که غلظت محیط کار از غلظت معیار عبور آلاینده پایین تر (۱۰ درصد حد مجاز) بوده است، نرم افزار ارائه شده از سوی سازنده امکان محاسبه آن را نداشته و لذا در جدول به صورت "غ ق ک" نشان داده است. در مورد برخی مواد نیز که تابع شرایط خاص هستند (شامل بنزن، وینیل کلراید، اتیلن اکساید و ۱ و ۳ بوتادین) و OSHA الزامات خاصی را برای آنها ارائه کرده است، مدل قادر به محاسبه طول عمر برای این مواد نبوده و در جدول به صورت "ش خ" نشان داده شده است. به منظور تخمین طول عمر برای این مواد لازم است بر اساس استانداردها و شرایط خاص مندرج در

[Downloaded from ioh.iums.ac.ir on 2025-07-18]

جدول ۳- طول عمر تخمینی کارتریج های ویژه بخارات آلی ماسکهای مورد استفاده در یکی از شرکتهای پتروشیمی

نام واحد	ماده شمیایی	غلظت اندازه گیری شده (پی پی ام)	غلظت معیار[1] (پی پی ام)	محاسبه طول عمر					برنامه تعویض پیشنهادی
				داده های سازنده		مدل ریاضی			
				معیار[2] (پی پی ام)	منفرد (دقیقه)	مخلوط (دقیقه)	معیار (پی پی ام)	منفرد (دقیقه)	مخلوط (دقیقه)	
آروماتیک	بنزن	۱/۵۵±۵/۳۴	۶/۸۹	۰/۱	ش خ[3]	ش خ	۰/۰۵	ش خ	ش خ	هر شیفت (۸ ساعت)
	تولوئن	۲/۴۳±۱۱/۹۳	۱۴/۳۷	۲۰	غ ق ک[4]		۲	۴۲۱۲/۳		
	زایلن	۲/۳۵± ۳ /۹۴	۶/۲۹	۱۰	غ ق ک		۱۰	غ ق ک		
	فنل	۰/۰۷۷± ۰/۶۵	۰/۷۳	۰/۵	>۴۸۰		۰/۵	غ ق ک		
پارازایلن	پارازایلن	۱/۰۲± ۹/۹۱	۱۰/۹۳	۱۰	غ ق ک	>۴۸۰	۱۰	غ ق ک	۱۳۳۱/۷	هر سه روز یکبار
	متازایلن	۱/۳۴± ۲/۰۹	۳/۴۴	۱۰	غ ق ک		۱۰	غ ق ک		
	ارتوزایلن	۷/۹۴± ۴۷ /۷۸	۵۵/۷۳	۱۰	>۴۸۰		۱۰	۲۵۹۵/۹		
	اتیل بنزن	۰/۸۰± ۳۴ /۶۹	۳۵/۴۹	۱۰	>۴۸۰		۱۰	۳۵۵۷/۷		
الفین	تولوئن	۶/۸± ۳	۹/۰۹	۲۰	غ ق ک	ش خ	۲	۵۸۶۲/۹	ش خ	هر چهار ساعت یکبار
	اتیلن اکساید	۱/۱۳± ۱ /۷۹	۲/۹۲	۰/۵	ش خ		۰/۱	ش خ		
	۱و۳ بوتادین	۱/۸۴±۲ /۴۷	۴/۳۱	۰/۱	ش خ		۰/۱	ش خ		
	پروپیلن اکساید	۸/۹۵± ۱۴ /۹۹	۲۳/۹۵	۲	۳۳۷		۰/۱	ف ا[5]		
واحد پلی‌وینیل کلراید	وینیل کلراید	۱/۳۱± ۷ /۶۶	۸/۹۷	۲/۵	ش خ	ش خ	۰/۵	ش خ	ش خ	هر ساعت یکبار
واحد BDSR[6]	استایرن ۱ و ۳ بوتادین	۱/۰۳± ۰/۶۷	۱/۷۱	۱۰	غ ق ک	ش خ	۲	غ ق ک	ش خ	هر ۴ ساعت یکبار
		۰/۴۳± ۰/۴۰	۰/۸۳	۰/۱	ش خ		۰/۲	ش خ		

[1]. غلظت معیار منظور بدترین شرایط از نظر غلظت می باشد که از حاصل جمع میانگین به علاوه انحراف معیار به دست می آید.

[2]. منظور معیار محاسبه طول عمر می باشد که در نرم افزار سازنده ۱۰٪ حدود تماس شغلی (PEL) سازمان ایمنی و بهداشت حرفه ای آمریکا (OSHA) و در مورد مدل ریاضی NIOSH Multivapor (۱۰٪ حدود آستانه مجاز (TLV) ارائه شده از سوی ACGIH- است

[3]. شرایط خاص

[4]. غیر قابل کاربرد

[5]. فاقد اطلاعات

[6]. Butadiene-Styrene Rubber

استانداردهای OSHA عمل شود.

در جدول شماره ۴، مدت زمان استفاده از کارتریج ماسک های تنفسی در دو حالت "از زمان تحویل تا زمان جایگزینی کارتریج جدید" و "مدت زمان استفاده واقعی از کارتریج ها" با طول عمر محاسبه شده در شرکت پتروشیمی مورد مطالعه مشاهده می شود. لازم به ذکر است مدت زمان استفاده از کارتریج ها از طریق بررسی سوابق تحویل کارتریج ها به کارکنان در یکسال گذشته به دست آمده است. همانطور که مشاهده می شود ، میانگین زمان استفاده از کارتریج ها در صنعت با طول عمر تخمین زده شده در این بررسی اختلاف داشته و این اختلاف از نظر آماری معنادار می‌باشد.

بحث

همانطور که ذکر شد هدف از تدوین برنامه زمانبندی برای تعویض کارتریج ماسک‌های تنفسی، حصول اطمینان از جایگزینی کارتریج قبل از فرا رسیدن زمان عبور آلاینده و یا زمانی است که تجهیزات حفاظت تنفسی قادر هستند حفاظت کافی را برای استفاده کننده فراهم آورند.

همانطور که مشاهده شد، کارکنان معمولا در مواقع فعالیت‌هایی مثل کارهای تعمیراتی، نظافت ظروف فرایندی و بعضا بازرسی ها .. که امکان بهره گیری از اقدامات کنترل مهندسی به علت متناوب بودن کار و کوتاه بودن زمان انجام آن، وجود ندارد، برای کاهش

[Downloaded from ioh.iums.ac.ir on 2025-07-18]

جدول ۴- مقایسه مدت زمان استفاده از کارتریج ماسکهای تنفسی در دو حالت "از زمان تحویل تا زمان جایگزینی کارتریج جدید" و "مدت زمان استفاده واقعی از کارتریج‌ها" با طول عمر محاسبه شده

مدت زمان واقعی استفاده از کارتریج در محیط کار (ساعت)		مدت زمان استفاده از کارتریج از زمان تحویل تا زمان جایگزینی کارتریج جدید (ساعت)			طول عمر تخمین زده شده (ساعت)	واحد
p-value	انحراف معیار	میانگین	p-value	انحراف معیار	میانگین		
<۰/۰۰۱	۲۶/۷۵	۳۸/۸۴	<۰/۰۰۱	۵۳۵/۱۹	۷۷۶/۸	۸	آروماتیک
۰/۰۳۵	۲۹/۲۸	۳۸/۴۷	<۰/۰۰۱	۵۸۵/۷۴	۷۶۹/۵۲	۲۴	پارازایلن
<۰/۰۰۱	۲۶/۵۵	۳۸/۷۴	<۰/۰۰۱	۵۳۱/۰۲	۷۷۴/۸۵	۴	الفین
<۰/۰۰۱	۲۵/۶۲	۳۲/۱۱	<۰/۰۰۱	۵۱۲/۵۳	۶۴۲/۳۵	۱	واحد پلی وینیل کلراید
۰/۰۰۴	۲۷/۰۲	۲۸/۸۰	<۰/۰۰۱	۵۴۰/۵۵	۵۷۶	۴	واحد BDSR

مواجهه‌های احتمالی به زیر حدود مجاز از ماسک های تنفسی کارتریج دار استفاده می کنند.

در حال حاضر معیار تعویض این کارتریج ها، احساس بوی مواد شیمیایی در داخل کارتریج می باشد ولی به علت وجود اختلافات فردی قابل توجه در تشخیص بو و آستانه بویایی بین افراد و امکان تغییر در آستانه بویایی به علت یک سرماخوردگی ساده و سایر بیماری‌ها، تکیه بر حواس کاربر (بو، مزه، تحریک و...) راه‌های قابل قبولی برای تعیین طول عمر کارتریج نیستند. ضمن اینکه آستانه بویایی برخی مواد شیمیایی بسیار پایین تر از مقادیر حدود تماس شغلی آنها می باشد. به عبارت دیگر وقتی که فرد بوی این مواد را در درون کارتریج احساس می کند، چندین برابر بیشتر از حدود مجاز آن ماده در معرض آن قرار گرفته است [۱]. از جمله چنین مواد شیمیایی در صنعت مورد بررسی می توان به بنزن، وینیل کلراید، ۱و۳ بوتادین و اتیلن اکساید اشاره کرد. به همین خاطر در این صنعت فواصل زمانی تعویض کارتریج‌ها (از زمان تحویل کارتریج تا زمان تحویل مجدد کارتریج جدید) با طول عمر تخمین زده شده در برنامه زمانی تدوین شده اختلاف قابل توجهی دارد. حتی اگر ساعات واقعی استفاده از ماسک (یعنی ساعاتی که از ماسک استفاده می شود) را یک بیستم فاصله زمانی بین از زمان تحویل کارتریج تا زمان تحویل مجدد کارتریج حدید فرض کنیم (یعنی فرض کنیم که به طور میانگین از یک شیفت کاری ۸ ساعته اپراتورها فقط ۲۴ دقیقه از ماسک استفاده می کنند)، باز هم اختلاف بین برنامه موجود در صنعت برای تعویض کارتریج ها با طول عمر محاسبه شده در این مطالعه معنی دار بوده و به عبارت دیگر با برنامه فعلی موجود در صنعت، امکان مواجهه کارکنان با موادشیمیایی مورد اشاره که خطرناک و بعضا سرطانزا نیز می باشند، وجود دارد.

در مورد ترکیبات آلی که نقطه جوش کمتر از ۶۵ درجه سانتی گراد دارند (مثل وینیل کلراید با نقطه جوش ۱۳- و ۱و۳ بوتادین با نقطه جوش ۴/۴- درجه سانتی‌گراد)، حتی اگر تخمین طول عمر با استفاده از برنامه های نرم افزاری بیشتر از یک شیفت باشد، کاربر می بایست کارتریج را در ابتدای شیفت کاری بعد تعویض نماید. دلیل چنین الزامی این است که ترکیباتی که چنین خواصی دارند، ممکن است در طی زمانی که از کارتریج استفاده نمی شود (مثلا در طی شب) از چارکول دفع شده و در محفظه کارتریج تجمع پیدا کند . در نتیجه در زمان استفاده مجدد از کارتریج فرد در معرض غلظتهای بالای این ماده و ریسک صدمه جدی یا بیماری ناشی از آن قرار گیرد. این ویژگی در مورد ماده ای مثل بنزن با نقطه جوش ۸۰ درجه سانتی گراد نیز مطرح شده است [۲۳ و ۲۲].

علاوه بر این در مورد ترکیباتی که خواص هشداردهندگی ضعیفی دارند، الزامات ویژه ای در مورد برنامه تعویض کارتریج شان وجود دارد چرا که عدم آگاهی به موقع از زمان عبور آلاینده از آنها می تواند

[Downloaded from ioh.iums.ac.ir on 2025-07-18]

سبب مواجهه کارکنان با این مواد گردد که بسیار خطرناک خواهد بود . در محل انجام این مطالعه موادی همچون وینیل کلراید، بنزن، ۱و۳ بوتادین و اتیلن اکساید از جمله این مواد هستند که ذیلا الزامات OSHA در مورد نحوه تعویض کارتریج ماسک هایی که کارکنان جهت حفاظت در برابر آنها استفاده می کنند، مورد بحث قرار می‌گیرد:

بر طبق قانون OSHA برای وینیل کلراید[۲۴] کارتریج ها یا کانیسترهای ماسک تصفیه کننده هوا می بایست مطابق با زمان انقضای طول عمرشان و یا در انتهای شیفت، هر کدام که زودتر فرا رسد، تعویض گردند. بر طبق این قانون در غلظت زیر ۱۰ پی پی ام، طول عمر کارتریج ها می بایست حداقل یک ساعت و در غلظت تا ۲۵ پی پی ام به شرط استفاده از ماسک‌های تصفیه کننده هوای برقی کانیستردار حداقل ۴ ساعت باشد. در این مطالعه با توجه به اینکه غلظت حداکثری وینیل کلراید حدود ۹ پی پی ام می باشد، بنابراین کارتریج ها می‌بایست حداقل در هر ۴ ساعت یکبار جایگزین گردند.

در مورد بنزن نیز، مطابق استاندارد OSHA [۲۵] ماسک‌های حفاظتی می بایست فقط در زمان نصب یا اجرای اقدامات کنترل مهندسی و همچنین در مواقع برخی فعالیتها مانند تعمیرات ، نظافت ظروف فرایندی و... که امکان بهره‌گیری از اقدامات کنترل مهندسی به علت متناوب بودن کار و کوتاه بودن زمان انجام آن، وجود ندارد، در مواقعی که اقدامات کنترل مهندسی برای کاهش مواجهه به زیر حدود مجاز کفایت نمی‌کند و همچنین در شرایط اضطراری استفاده شود.چنانچه به منظور فوق از ماسک های تصفیه کننده هوا ویژه بخارات آلی استفاده می شود، این ماسک‌ها می بایست در زمان خاتمه طول عمر و یا در ابتدای هر شیفت، هر کدام که زودتر فرا رسد جایگزین گردند.

درمورد ماده ۱و۳ بوتادین نیز مطابق الزامات OSHA [۲۶]، کارتریج ها می بایست مطابق شرایط خاصی که در این استاندارد بیان شده (به عنوان مثال در غلظت ۵ پی‌پی‌ام هر ۴ ساعت یکبار و در غلظت ۱۰ پی پی ام هر ۳ ساعت یکبار) جایگزین گردند که البته حداکثر زمان تعویض کارتریج ها بیشتر از یک شیفت نخواهد بود. به عبارت دیگر کارتریج ها می بایست در ابتدای هر شیفت جایگزین گردند و به هر حال بدون توجه به نوع ماسکی که استفاده می شود، چنانچه کارگر بوی بوتادین را احساس کند، لازم است فورا نسبت به تعویض کارتریج اقدام نماید.

همانطور که مشاهده شد در اکثر موارد کارتریج ماسک های تنفسی می بایست در انتهای هر شیفت تعویض گردند . در مورد برخی مواد حتی اگر میزان غلظت آلاینده های محیط کار نیز کمتر از حدود مجاز باشد ،به علت اینکه احتمال مهاجرت آلاینده در طول شب وجود دارد، لازم است کارتریج ها در ابتدای هر شیفت جایگزین شوند. در نرم افزار سازنده نیز ذکر شده که چنانچه طول عمر تخمینی از طریق نرم افزار بیش از ۴۸۰ دقیقه شد، لازم است کارتریج در هر شیفت تعویض گردد. از طرفی ممکن است این مسئله از سوی صنعت مطرح شود که تعویض کارتریج ها مطابق برنامه پیشنهادی ، از نظر مالی مقرون به صرفه نبوده و چنانچه در نظر باشد کارتریج ماسک ها در آخر هر شیفت تعویض شوند، بار مالی سنگینی بر دوش صنعت خواهد گذاشت. لذا در جهت حل این مسئله پیشنهاد می شود ، به جای استفاده از ماسک‌های تصفیه کننده هوا، سرمایه گذاری بر روی افزایش تعداد دستگاههای تنفسی کپسول‌دار(selfcontained breathing apparatus) (SCBA) شود که با این کار ضمن افزایش درجه حفاظت کارکنان، در دراز مدت نیز هزینه مصروفه آن جبران خواهد شد.

نتیجه گیری

تکیه بر آستانه بویایی و دیگر خواص هشدار دهنده به عنوان تنها مبنای تعیین اینکه ماسک‌های تنفسی تصفیه کننده هوا حفاظت کافی را در برابر مواجهه با گازها و بخارات آلاینده فراهم می‌آورند، موثر نبوده و در مورد کارتریج هایی که فاقد شاخص انتهای طول عمر هستند، لازم است با توجه به نوع فعالیتهای کاری و

[Downloaded from ioh.iums.ac.ir on 2025-07-18]

شرایط اختصاصی آن محیط کاری، نسبت به تدوین و اجرای برنامه جایگزینی ماسک اقدام گردد. در این شرایط چنانچه ماسک جهت حفاظت در برابر موادی به کار می رود که خواص هشدار دهندگی ضعیفی دارند، لازم است اقدامات محافظه کارانه تری در تدوین برنامه جایگزینی کارتریج در نظر گرفته شود و یا از ماسک‌های تامین کننده هوا (به جای ماسک‌های تصفیه کننده هوا) جهت حفاظت کارکنان در برابر آلودگیهای محیط کار استفاده شود.

تشکر و قدردانی

این مقاله حاصل طرح تحقیقاتی تحت عنوان "بهینه سازی خواص نانو ساختارهای کربنی جهت حذف ترکیبات آلی فرار و امکان سنجی کاربرد آنها در کارتریج ماسکهای تنفسی"مصوب دانشگاه علوم پزشکی و خدمات بهداشتی درمانی تهران در سال ۱۳۸۹ به کد ۱۰۱۴۲-۲۷-۰۱-۸۹ می باشد. که با حمایت دانشگاه علوم پزشکی و خدمات بهداشتی درمانی تهران اجرا شده است.همچنین بدینوسیله از حمایت و پشتیبانی مدیریت بهداشت، ایمنی و محیط زیست (اچ اس ای) شرکت ملی صنایع پتروشیمی و همچنین مرکز تحقیقات محیط زیست دانشگاه علوم پزشکی تهران تشکر و قدرانی می گردد.

منابع

1. OSHA. Standards – 29 CFR- 1910.134. (1998a). Respiratory Protection.

2 Spelce, D.L. Chemical Cartridge Change Out Schedules. Navy and Marine Corps, Public Health Center, Industrial Hygiene Homepage, 2010.

3.. Occupational Safety and Health Administration (OSHA). Inspection procedures for the Respiratory Protection Standard, CPL 02-00-120, Standard Number:1910.134.

4. Gary O. Nelson; A. Nicholas Correia, Respirator cartridge efficiency studies: VIII. summary and conclusions, American Industrial Hygiene Association Journal, Volume 37, Issue 9, 514 – 525, 1976.

5. G. O. Nelson and C. A. Harder, Respirator Cartridge Efficiency Studies: V. Effect of Solvent Vapor, American Industrial Hygiene Association Journal, Volume 35, Issue 7, 391 – 410, 1974.

6. Shigeru TANAKA et al, Breakthrough Time of a Respirator Cartridge for Carbon Tetrachloride Vapor Flow of Workers' Respiratory Patterns, Industrial Health, 34, 227-236, 1996.

7. Shigeru TANAKA et al, Breakthrough Times for Vapors of Organic Solvents with Low Boiling Points in Steady-state and Pulsating Flows on Respirator Cartridges, Industrial Health, , 34, 125-131, 1996.

8. Gary O. Nelson; A. Nicholas Correia and, Charles A. Harder, Respirator cartridge efficiency studies: VI. Effect of concentration, American Industrial Hygiene Association Journal, Volume 37, Issue 4 , 205 – 216, 1976.

9. Gary O. Nelson; A. Nicholas Correia and Charles A. Harder, Respirator cartridge efficiency studies: VII. effect of relative humidity and temperature, American Industrial Hygiene Association Journal, Volume 37, Issue 5 , 280 – 288, 1976.

10. Cohen HJ, Zelers ET, Garrison Rp. Development of a field method for evaluating the service lives of organic vapor cartridges :result of laboratory testion using carbon tetra chloride, American Industrial Hygiene Association Journal, Volume 52, Issue 1 , pages 34 – 43, 1991.

11. Yong Hee Yoon and James H. Nelson, Effect f Humidity and contaminant Concentration on Respirator. Cartridge Berakthroug, Am. Ind. Hyg. Assoc.J. 51(4): 202-209,1990.

12. Nelson, G.O., Harder, C.A: Respirator Cartridge efficiency Studies: VII. Effect of Solvent Vapor. Am Ind Hyg Assoc J 35:391–399,1974.

13. Shigeru Tanaka et al, A Study on the Relative Breakthrough Time (RBT) of a Respirator Cartridge for Forty-Six Kinds of Organic Solvent Vapors, Applied Occupational and Environmental Hygiene, Volume 14(10): 691–695, 1999.

14. Gerry O. Wood et al, Estimating Service Lives of Organic Vapor Cartridges III: Multiple Vapors at All Humilities, Journal of Occupational and

[Downloaded from ioh.iums.ac.ir on 2025-07-18]

Environmental Hygiene, 4: 363–374, 2007.

15. Dharmarajan, Venkatram, Cummings, Barbara and Lingg, Robert D.(2003)'Evaluation of Organic-Vapor Respirator Cartridge Efficiency for Toluene Diisocyanate Vapor in the Presence of Methylenechloride or Acetone Solvent',Applied Occupational and Environmental Hygiene,18:8,620 - 628, 2003.

16. Safety Equipment Australia Pty Ltd. The practical use of some existing models for estimating service life of gas filters calculations of adsorption capacity and breakthrough times, 1997.

17. Wood, G.O., Estimating Service Lives of Organic Vapor Cartridges, American Industrial Hygiene Association Journal, 55:11-15, 1994.

18. Wood, G.O.: Estimating service lives of organic vapor cartridges II: A single vapor at all humidities. J Occup Environ Hyg. 1:472–492, 2004.

19. Sazmane havashenasi keshvar, arshive dadehaye fani http://www.irimo.ir/farsi/current/ index.asp? station=40832

20. MSA safety Company, http://www. msanet. com/catalog

21. ACGIH, Threshold Limits Values and Biological Exposure Indices (TLVs and BEIs), Signature Publication, 2010.

22. NORTH Safety, ezguide.northsafety.com/ help/html/welcome.aspx

23. OSHA, Respiratory protection advisor, http://www.trustcrm.com/ectny/respiratory_advisor/ mainpage.html

24. OSHA. Standards – 29 CFR 1910.1017 - Vinyl chloride. Code of Federal Regulations http://www.osha.gov/pls/oshaweb/owadisp.show_document?p_table=STANDARDS&p_id=10021

25. OSHA Standards – 29 CFR 1910.1028 - Benzene. Code of Federal Regulations http://www.osha.gov/pls/oshaweb/owadisp.show_document?p_id=10042&p_table=STANDARDS

26. OSHA Standards – 29 CFR 1910.1051- 1,3-Butadiene. Code of Federal Regulations http://www.osha.gov/pls/oshaweb/owadisp.show_document?p_id=10087&p_table=STANDARDS

[Downloaded from ioh.iums.ac.ir on 2025-07-18]

Evaluation of change schedule of organic vapor respirator cartridges in a petrochemical industry

M. Jahangiri [1], J. Adl[2], SJ. Shahtaheri [3], H. Kakooe [4], A. Rahimi Forushani[5], AM. Rashidi[6], A. Ghorbanali[7]

Received: 2010/09/05 Revised: 2010/10/19 Accepted: 2010/10/25

Abstract

Background and Aim: In the absence of End of Service Life Indicator (ESLI), a cartridge change schedule should be established for ensuring that cartridges are changed before their end of service life. The aim of this study was determining the efficiency of respirator change schedule and presenting a suitable schedule for changing the cartridges before their end of service life in a petrochemical complex.

Method: Required information for change criteria, number and time between changing the cartridges were gathered through the existing records in the industry. Also the highest values of measured environmental conditions were used as a worse case condition for estimation of service life of cartridges. Technical data and specification of used cartridges in the industry were collected through the cartridges manufactures.

Manufacturer's service life software was used for estimation of cartridge service life and 10% of threshold limit values were considered for estimation of breakthrough time of cartridges.

Results: The results show that there is no effective change schedule for respirator cartridges in the studied industry. Also there was a significant difference between current schedule and developed schedule for changing the respirators in the studied industry.

Conclusion: Relying on odor thresholds and other warning properties solely as the basis for changing respirator chemical cartridges is not allowed and a change out schedule should be developed base on workplace conditions and specification of respirator cartridges.

Keywords: Change schedule, Respirator cartridge, Organic vapors, Petrochemical.

1. Department of Occupational Health, Faculty of Health Sciences, Tehran University of Medical Sciences, Tehran, Iran.

2. **Corresponding author**, Department of Occupational Health, Faculty of Health Sciences, Tehran University of Medical Sciences, Tehran, Iran. adljavad@sina.tums.ac.ir,

3. Department of Occupational Health, Faculty of Health Sciences, Tehran University of Medical Sciences, Tehran, Iran.

4. Department of Occupational Health, Faculty of Health Sciences, Tehran University of Medical Sciences, Tehran, Iran.

5. Department of Biostatistics, Faculty of Health Sciences, Tehran University of Medical Sciences .Tehran, Iran.

6. Oil Industry research center, Nanotechnology Center.

7. Department of Chemistry, Faculty of Engineering, Tehran University, Tehran, Iran.

[Downloaded from ioh.iums.ac.ir on 2025-07-18]