فصلنامه سلامت کار ایران
دوره ۸، شماره ۴، زمستان ۱۳۹۰

تعیین طول عمر کارتریج‌های ماسک‌های تنفسی با استفاده از یک روش ساده و کاربردی: مطالعه موردی در یک صنعت خودروسازی

مهدی جهانگیری[۱]، جواد عدل[۲]، سید جمال‌الدین شاه طاهری[۳]، حسین کاکویی[۴]، عباس رحیمی فروشانی[۵]، علیمراد رشیدی۴، جواد کی پور[۷]

تاریخ دریافت: ۸۹/۱۱/۱۲ تاریخ ویرایش: ۹۰/۰۳/۰۸ تاریخ پذیرش: ۹۰/۰۶/۰۶

چکیده

زمینه و هدف: برای حصول اطمینان از عملکرد صحیح ماسک‌های تنفسی در حفاظت کارکنان در برابر آلاینده های محیط کار، لازم است کارتریج ماسک‌های تنفسی، قبل از فرا رسیدن طول عمرشان تعویض گردند. هدف این مطالعه به‌کارگیری یک روش ساده و کاربردی جهت بررسی و تعیین طول عمر کارتریج ماسک‌های تنفسی مورد استفاده در اتاقک رنگ آمیزی یک صنعت خودرو سازی می‌باشد.

روش بررسی: جهت بررسی و تخمین طول عمر کارتریج‌ها با استفاده از شرایط محیط کار و مشخصات کارتریج‌ها، از نرم افزار NIOSH MultiVapor استفاده گردید و اثربخشی این روش با بهره گیری از دستگاه تست میدانی کارتریج‌ها مورد بررسی قرار گرفت.

یافته‌ها: نتایج این مطالعه نشان داد با توجه به شرایط موجود در محل مورد مطالعه، برنامه فعلی جهت تعویض کارتریج ماسک‌های تنفسی در حفاظت کافی از رنگ کاران در برابر آلاینده های محیط کار موثر نبوده و لازم است کارتریج‌ها بر اساس طول عمر محاسبه شده (هر ۴ ساعت یک‌بار) تعویض گردند.

نتیجه گیری: نرم افزار NIOSH از کارایی مناسبی جهت تدوین موثر برنامه زمان‌بندی تعویض کارتریج ماسک‌های تنفسی برخوردار بوده و می‌تواند به این منظور در محیط‌های کاری مورد استفاده قرار گیرد. همچنین نتایج بررسی طول عمر کارتریج‌ها با استفاده از دستگاه تست میدانی کارتریج‌ها، نتایج تخمین طول عمر توسط نرم افزار NIOSH را تایید می‌کند.

کلیدواژه‌ها: ماسک تنفسی، بخارات آلی، نرم افزار طول عمر NIOSH، دستگاه تست میدانی کارتریج

مقدمه

در صنعت تولید خودرو، رنگ آمیزی به شیوه اسپری معمولاً در داخل اتاقک‌های رنگ آمیزی انجام می‌شود و یک سیستم تهویه مکانیکی موثر با سرعت هوای کافی در همه نقاط داخل اتاقک و در منطقه تنفسی رنگ کاران برای کنترل مواجهه ضروری است. در جاهایی که اقدامات کنترلی عملی نبوده و یا نقصی در کارایی سیستم‌های تهویه وجود دارد و یا گاهی به عنوان یک اقدام کنترلی مکمل در تلفیق با سایر اقدامات کنترلی، لازم است از انواع ماسک‌های تنفسی مناسب نظیر ماسک‌های تصفیه کننده هوا در طول فرایند اسپری رنگ استفاده شود. این ماسک‌ها حاوی بستر فشرده ای از گرانول‌های کربن فعال به شکل کارتریج یا کانیستر هستند که لازم است قبل از اشباع شدن آن و فرا رسیدن انتهای طول عمرشان تعویض شوند.

منظور از طول عمر، فاصله زمانی است که کارتریج حفاظت تنفسی کافی را برای کاربر ماسک فراهم

۱- گروه بهداشت حرفه‌ای، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی تهران، تهران، ایران.
۲- (نویسنده مسئول) گروه بهداشت حرفه‌ای، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی تهران، تهران، ایران، تهران، خیابان پور سینا، دانشگاه علوم پزشکی تهران، دانشکده بهداشت، گروه بهداشت حرفه ای
تلفن: ۸۸۹۵۱۳۹۰ (adljavad@sina.tums.ac.ir)
۳- گروه بهداشت حرفه‌ای، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی تهران، تهران، ایران.
۴- گروه بهداشت حرفه‌ای، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی تهران، تهران، ایران.
۵- گروه آمار زیستی ، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی تهران، تهران، ایران.
۶- پژوهشگاه صنعت نفت ، مرکز نانوتکنولوژی.
۷- گروه مهندسی شیمی، دانشکده فنی، دانشگاه سمنان، سمنان، ایران.

[Downloaded from ioh.iums.ac.ir on 2026-05-07]

می‌کند [۱] . طول عمر به عوامل مختلفی نظیر مشخصات کارتریج (میزان جاذب، خواص کربن فعال به کار رفته و شکل هندسی بستر جاذب)، شرایط استفاده (غلظت آلاینده در محیط کار، رطوبت نسبی، دما و نرخ تنفسی کارگر بستگی دارد [۲, ۳].

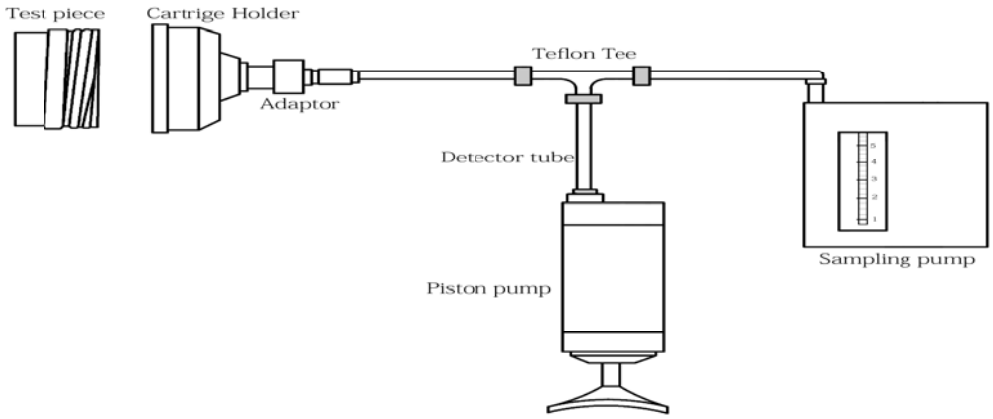
از آنجا که حس بویایی انسان مصون از خطا و اشتباه نبوده و تفاوت‌های قابل توجهی در آستانه بویایی افراد مختلف در تشخیص بوی مواد وجود دارد و از طرفی مواجهه طولانی مدت و در غلظت‌های پایین و همچنین برخی بیماری‌ها نظیر سرما خوردگی سبب تضعیف حس بویایی می‌شود، تکیه بر خواص هشدار دهنده نمی‌تواند به عنوان تنها معیار جایگزینی کارتریج در نظر گرفته شود [۴]. به علاوه برخی مواد آستانه بویایی‌شان بالاتر از مقدار حدود تماس شغلی آن‌ها می‌باشد، و لذا فرد وقتی بوی آن‌ها را احساس می‌کند، در معرض مقادیر بیش از حد آن ماده قرار گرفته است. به عنوان مثال بنزن آستانه بویایی در حدود ۴/۷ پی پی‌ام [۵] دارد که این مقدار حدود ۱۰ برابر حدود تماس شغلی آن یعنی ۰/۵ پی پی‌ام [۶] می‌باشد. بنابراین بنزن خواص هشدار دهندگی پایینی داشته و نمی‌توان خواص بویایی این ماده را به عنوان معیار تعویض کارتریج در نظر گرفت. در مورد تولوئن علی رغم اینکه آستانه بویایی در حدود ۲/۴۹ پی پی‌ام دارد و این مقدار زیر حدود تماس شغلی این ماده است (۲۰ پی پی‌ام)، ولی به علت نوسانات زیاد در آستانه بویایی، خواص هشدار دهندگی آن چندان قابل اعتماد نمی‌باشد ولی زایلن با آستانه بویایی ۱ و حدود تماس شغلی ۱۰۰ پی پی‌ام، به عنوان ماده ای با خواص هشدار دهندگی کافی در نظر گرفته می‌شود [۷]. با توجه به دلایل فوق‌الذکر تکیه بر خواص هشدار دهنده و آستانه بویایی نمی‌تواند به عنوان تنها معیار تعویض کارتریج در نظر گرفته شود.

بر اساس استاندارد حفاظت تنفسی موسسه ایمنی و بهداشت حرفه ای آمریکا (OSHA) [۱] ماسک‌های تصفیه هوا می‌بایست مجهز به شاخص انتهای طول عمر (ESLI-End of Service Life Indicator) باشند ولی در حال حاضر این شاخص فقط برای تعداد محدودی از مواد مثل هیدروژن سولفاید، منوکسید کربن، اتیلن اکساید و جیوه موجود است و برای اغلب بخارات آلی این شاخص وجود ندارد [۸] بر مبنای استاندارد فوق‌الذکر، چنانچه کارتریج فاقد ESLI باشد، لازم است با توجه به شرایط محیط کار و مشخصات کارتریج مورد استفاده نسبت به تخمین طول عمر آن‌ها و تدوین یک برنامه زمان‌بندی برای تعویض کارتریج‌ها اقدام گردد تا بدین ترتیب از تعویض به موقع کارتریج‌ها قبل از انتهای طول عمرشان اطمینان حاصل شود [۳, ۹].

مطالعات متعددی در زمینه ارزشیابی کارایی و تدوین مدل برای تخمین طول عمر کارتریج ماسک‌های تنفسی انجام شده است. معمول‌ترین و پرکاربردترین مدل ارائه شده در این زمینه که به وسیله OSHA و همچنین اکثر سازندگان مورد استفاده قرار می‌گیرد، مدل ریاضی وود است [۱۰] . به منظور ایجاد سهولت در استفاده از مدل‌های فوق به منظور محاسبه عمر مفید ماسک‌های تنفسی نرم افزارهایی توسعه یافته‌اند. نرم افزار NIOSH MultiVapor یکی از نرم افزارهایی که در سال‌های اخیر از سوی موسسه ایمنی و بهداشت شغلی (NIOSH) ارائه شده است، که قادر به محاسبه طول عمر کارتریج بخارات آلی در حالت تک آلاینده و چند آلاینده می‌باشد [۷،۸].

از آنجا که به علت تفاوت فرضیات مدل‌ها و شرایط واقعی محیط کار، عدم قطعیت‌هایی در مورد مدل‌های ارائه شده برای تعیین طول عمر کارتریج‌ها وجود دارد [۴]، لازم است اثر بخشی این مدل‌ها و کارایی آن‌ها در تعیین طول عمر کارتریج‌ها مورد بررسی قرار گیرد. اگرچه روش‌های استاندارد آزمایشگاهی نظیر EN 14387 [۱۱]به منظور سنجش کارایی کارتریج ماسک‌های تنفسی ارائه شده‌اند و مطالعاتی نیز با استفاده از این استانداردها در داخل کشور انجام شده است [۱۲]، ولی به‌کارگیری این روش‌ها در محیط کار به دلیل وقت گیر و هزینه بر بودن مشکل می‌باشد؛ لذا جهت ارزیابی موثر بودن برنامه تعویض کارتریج‌ها در محل کار، نیاز به استفاده از روش‌هایی وجود دارد که

[Downloaded from ioh.iums.ac.ir on 2026-05-07]



شکل ۱: دیاگرام شماتیک دستگاه تست طول عمر کارتریج در محیط کار

ضمن برخورداری از صحت و دقت کافی، سریع بوده و قابلیت به‌کارگیری آن در شرایط میدانی وجود داشته باشد. تاناکا و همکارانش(Tanaka et al) در مطالعه خود یک روش ساده و کاربردی جهت تست میدانی کارتریج‌ها در محل کار ارائه دادند که نتایج آن نشان داد این روش می‌تواند در سنجش اثر بخشی برنامه تعویض کارتریج‌ها در محیط کار مفید موثر واقع شود [۱۳].

با توجه به موارد فوق این مطالعه با هدف بررسی اثر بخشی برنامه موجود صنعت برای تعویض کارتریج‌ها، با استفاده از برنامه نرم افزاری NIOSH MultiVapor و ارزیابی صحت پیش بینی ارائه شده از سوی این روش با بهره گیری از روش ساده میدانی در اتاق رنگ یک صنعت خودرو سازی انجام شد.

روش بررسی

مراحل انجام این مطالعه به شرح ذیل می‌باشد:

۱-**ارزیابی کارایی برنامه موجود صنعت برای تعویض کارتریج ماسک‌های تنفسی:** در مرحله اول این مطالعه کارایی برنامه موجود در صنعت جهت تعویض کارتریج‌های ماسک‌های تنفسی تصفیه کننده هوای مورد استفاده در صنعت مورد بررسی با استفاده از روش توصیه شده به وسیله OSHA مورد ارزیابی قرار گرفت [۱۴]. این روش یک روش سرانگشتی و کاربردی است که با استفاده از آن می‌توان در محیط‌های کاری، خیلی سریع کارایی برنامه موجود برای تعویض کارتریج ماسک‌های تنفسی را مورد ارزیابی قرار داد. برای این منظور نسبت به طراحی و ساخت دستگاه تست میدانی کارتریج اقدام گردید که تصویر آن در شکل شماره ۱ مشاهده می‌شود. این دستگاه از یک لوله گاز یاب (به عنوان وسیله قرائت مستقیم)، یک کارتریج هولدر، آداپتور و سه راهی از جنس تفلون، لوله نمونه برداری و پمپ نمونه برداری تشکیل شده است. برای تست میدانی کارتریج، هوا از روی کارتریجی که قرار است تعویض گردد، عبور داده شده و چنانچه عبور آلاینده مورد نظر از طریق لوله گاز یاب تشخیص داده شود حاکی از این خواهد بود که برنامه موجود برای تعویض کارتریج موثر نیست و لازم است در برنامه تعویض کارتریج تجدید نظر به عمل آید (کوتاه تر گردد). در این مطالعه برای سنجش اثر بخشی فاصله زمانی تعویض کارتریج‌ها در اتاقک رنگ پاشی، عبور بنزن (به عنوان خطرناک‌ترین ماده در بین ترکیبات آلی فرار مورد مواجهه) از ۱۰ کارتریج (دقیقاً قبل از تعویض کارتریج‌ها) با استفاده از روش و دستگاه فوق‌الذکر مورد ارزیابی قرار گرفت.

۲- **تعیین شرایط محیط کار:** برای تعیین نوع و میزان مواجهه رنگ کاران با آلاینده های موجود در اتاقک رنگ آمیزی غلظت بنزن، تولوئن و زایلن به عنوان نماینده ترکیبات آلی فرار و همچنین معمول‌ترین ترکیبات آلی در فرایند اسپری رنگ [۱۵] از طریق جمع آوری ۲۴ نمونه هوای فردی از ناحیه تنفسی رنگ کاران

[Downloaded from ioh.iums.ac.ir on 2026-05-07]

(به عنوان گروه‌های مشابه) در طی ۶ روز کاری هفته مورد اندازه گیری قرار گرفت. همچنین فرکانس و مدت زمان مواجهه رنگ کاران با آلاینده ها تعیین گردیده و مواجهه تجمعی آن‌ها با آلاینده ها در طی شیفت کاری ۸ ساعته محاسبه شد. زمان صرف ناهار در محاسبه زمان مواجهه آن‌ها با آلاینده ها در نظر گرفته نشد ولی مدت زمانی که کارکنان خارج از اتاقک رنگ آمیزی و مشغول آماده سازی رنگ‌ها بودند در زمان مواجهه آن‌ها منظور گردید.

برای آنالیز نمونه ها از روش شماره ۱۵۰۰/۱۵۰۱ انستیتوی ملی ایمنی و بهداشت حرفه ای (NIOSH) استفاده شد. به این منظور ترکیبات آلی با استفاده از دی سولفید کربن استخراج و با استفاده از دستگاه گاز کروماتوگرافی Shimadzu آنالیز شد. یک نمونه بلانک هم به همراه نمونه های اصلی در هر روز جمع آوری و به روش مشابهی با نمونه های اصلی آنالیز گردید. بخش‌های عقبی و جلویی لوله های جاذب به طور مجزا مورد آنالیز قرار گرفتند. نمونه‌هایی که عبور آلاینده در بخش عقبی آن‌ها بیش از ۱۰ درصد بود، کنار گذاشته شدند. رطوبت نسبی و دمای اتاقک رنگ آمیزی نیز به عنوان عوامل تأثیر گذار بر طول عمر کارتریج، با استفاده از دستگاه رطوبت /دما سنج مدل MTH-1361 در طی ۶ روز کاری اندازه گیری و بالاترین این مقادیر به عنوان بدترین شرایط در تخمین طول عمر مورد استفاده قرار گرفت.

از آنجا که به منظور در نظر گرفتن ضرایب ایمنی، در تخمین طول عمر کارتریج ماسک‌های تنفسی مقادیر مربوط به بدترین شرایط محیط کار [۸]، لحاظ می‌شود، مقادیر میانگین غلظت آلاینده ها با انحراف معیار آن‌ها جمع گردیده و حاصل آن به عنوان بدترین شرایط از نظر غلظت به عنوان معیار در محاسبه طول عمر در نظر گرفته شد.

نتایج پایش آلاینده های محیط کار با استفاده از آزمون‌های آماری با سطح اطمینان ۹۵ درصد تعیین شد. لازم به ذکر است با توجه به اینکه در این کارگاه کارگران ۶ روز در هفته و ۱۰ ساعت در هر روز کار می‌کنند، و این برنامه جزو برنامه های کاری معمول نیست، حدود تماس شغلی ۸ ساعته آن‌ها مطابق مدل بریف و اسکالا(Brief and Scala) [۷] تعدیل گردید. برای این کار فاکتور کاهش روزانه و فاکتور کاهش هفتگی محاسبه و با توجه به کمتر بودن فاکتور کاهش هفتگی حدود تماس شغلی ۸ ساعته در فاکتور کاهش هفتگی ضرب و از حاصل‌ضرب آن‌ها حدود تماس شغلی تعدیل شده محاسبه گردید.

۳- تعیین طول عمر و تدوین برنامه زمان‌بندی تعویض کارتریج: برای تخمین طول عمر استفاده از کارتریج از نسخه ۲.۲.۳ برنامه نرم افزاری NIOSH تحت عنوان Multivapoure نسخه ۲.۲.۳ استفاده گردید [۱۶] این برنامه بر اساس مدل وود (Wood) [۱۰] تهیه شده و قابلیت ورود آلاینده های مخلوط در محیط کار را داشته و از طریق وب سایت اینترنتی در دسترس می‌باشد. برای این منظور اطلاعات مربوط به نوع و غلظت آلاینده های محیط کار و شرایط محیطی (دما و رطوبت) وارد نرم افزار گردید. میزان فلوی هوای عبور از روی کارتریج، از روی نرخ تنفسی رنگ کاران و با توجه به طبقه بندی انجام شده توسط نرم افزار، کار متوسط تا سنگین و معیار محاسبه طول عمر نیز ۵۰٪ حدود تماس شغلی در نظر گرفته شد. در این نرم افزار طول عمر کارتریج برای آلاینده های موجود در مخلوط به جداگانه تخمین زده شده و سپس طول عمر ماده ای که کوتاه‌ترین زمان عبور را در بین آلاینده های مخلوط مواد داشته باشد به عنوان طول عمر مخلوط در نظر گرفته شد و چنین فرض شد که کل مخلوط همانند این ماده عمل می‌کند [۱۴]. 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. این کارتریج ساخت شرکت 3M (مدل ۶۰۰۱) کشور آمریکا و مخصوص بخارات آلی با قطر بستر جاذب ۸ سانتی متر، دانسته بالک جاذب ۰/۴ گرم بر سانتی متر مکعب، حجم میکرو پور کربن ۰/۵۳۳ سانتی متر مکعب بر گرم و با ۲ کارتریج در هر ماسک بود.

[Downloaded from ioh.iums.ac.ir on 2026-05-07]

جدول ۱: نتایج پایش شرایط محیط کار به منظور تدوین برنامه زمان بندی تعویض کارتریج در نرم افزار NIOSH

عامل		تعداد نمونه	میانگین ± انحراف معیار	حدود تماس شغلی (پی پی ام)	حدود تماس شغلی اصلاح شده (پی پی ام)	اختلاف میانگین‌ها (MD)	Sig. (2- tailed)*	غلظت مورد استفاده جهت تخمین طول عمر* کارتریج
غلظت (پی پی ام)	بنزن	۲۴	۳۶/۲± ۲۱/۲	۰/۵	۰/۰۵	۳۶/۰۵	p<۰/۰۰۱	۵۸
	تولوئن		۱۱۱/۳± ۶۱/۷	۲۰	۲/۲	۹۱/۴۴	p<۰/۰۰۱	۱۷۴
	زایلن		۳۱۲/۳± ۹۱/۳	۱۰۰	۱۱	۲۱۲/۹۲	p<۰/۰۰۱	۴۰۴
دما (درجه سانتی‌گراد)		۶	۲۰/۸۳±۰/۶۸	-	-	-	-	۲۲
رطوبت نسبی (درصد)		۶	۵۴/۵±۰/۵	-	-	-	-	۵۵

* حاصل جمع مقادیر میانگین غلظت آلاینده ها با انحراف معیار

۴- ارزشیابی اثر بخشی برنامه زمانی تدوین شده برای تعویض کارتریج ماسک‌های تنفسی: طول عمر تعیین شده برای کارتریج‌ها (از طریق نرم افزار تعیین طول عمر NIOSH) مجدداً با استفاده از روش ساده و کاربردی شرح داده شده در مرحله ۱ شرح داده شد، مورد ارزیابی قرار گرفت. در این مرحله چنانچه در پایان برنامه زمان‌بندی تدوین شده، هیچ‌گونه بخار آلی در کارتریج‌های مصرف شده مشاهده نگردد، عبور آلاینده قابل توجهی رخ نداده و برنامه تدوین شده مورد تایید قرار گرفته و کارتریج‌ها می‌توانند مطابق با این برنامه تعویض شوند. چنانچه عبور آلاینده رخ داد، به این معناست که برنامه تدوین شده برای تعویض کارتریج‌ها می‌بایست کوتاه‌تر شده (مثلاً یک ساعت) و تست فوق مجدداً تکرار گردد.

یافته‌ها

در اتاقک رنگ آمیزی ۵ رنگ کار و هر کدام ۶ روز در هفته و به مدت ۱۰ ساعت در هر روز کار می‌کردند.

برنامه فعلی تعویض کارتریج در اتاقک رنگ پاشی از دو تا سه روز کاری (۲۴-۱۶ ساعت) متفاوت بوده و معیار مورد استفاده برای تعویض کارتریج تکیه بر آستانه بویایی رنگ کاران بود.

ارزیابی کارایی برنامه موجود صنعت برای تعویض کارتریج ماسک‌های تنفسی: از بین ۱۰ کارتریج مورد بررسی به منظور سنجش اثر بخشی فاصله زمانی تعویض کارتریج‌ها در اتاقک رنگ پاشی، عبور بنزن پس از عبور هوا از روی ۷ کارتریج در لوله‌های گاز یاب تشخیص داده شد. این موضوع حاکی از این است که طول عمر مورد استفاده در صنعت برای تعویض کارتریج‌ها در اتاقک رنگ آمیزی موثر نبوده و با چنین وضعیتی امکان مواجهه بیش از حد کارکنان با آلاینده ها به ویژه در مواقعی که اقدامات کنترل مهندسی به خوبی عمل نمی‌کنند، وجود دارد. بنابراین برنامه تعویض (طول عمر) کارتریج‌ها نیاز به بازنگری دارد.

شرایط محیط کار: جدول ۱ شرایط محیط کار شامل نوع و میزان آلاینده ها، دما و رطوبت نسبی را که برای تدوین برنامه زمان‌بندی تعویض کارتریج ضروری هستند را نشان می‌دهد. نتایج پایش هوا در داخل اتاقک رنگ آمیزی نشان داد غلظت بخارات آلی به ترتیب ۲۱/۲ ±۳۶/۲، ۶۱/۷ ±۱۱۱/۳، ۹۱/۳ ±۳۱۲/۳ پی پی ام برای بنزن، تولوئن و مخلوط زایلن ها می‌باشد که این مقادیر بیشتر از حدود تماس شغلی می‌باشد (p<۰/۰۵).

دما و رطوبت نسبی اتاقک رنگ آمیزی به ترتیب ۲۰/۸۳±۰/۶۸ درجه سانتی‌گراد و ۵۴/۵±۰/۵ درصد بود که جهت تخمین طول عمر به ترتیب ۲۱ درجه سانتی‌گراد و ۵۵ درصد در برنامه نرم افزاری NIOSH مورد استفاده قرار گرفتند.

[Downloaded from ioh.iums.ac.ir on 2026-05-07]

جدول ۲: تخمین طول عمر کارتریج مورد استفاده در اتاقک رنگ آمیزی یک صنعت خودروسازی

عامل تست	غلظت مورد تست	معیار عبور آلاینده	زمان عبور (دقیقه)
	پی پی ام	پی پی ام	بر مبنای ۵۰٪
شرایط تست		(۵۰٪ حدود تماس شغلی)	حدود تماس شغلی
آلاینده تکی بنزن	۵۸	۰/۲۵	۱۴۸۷
تولوئن	۱۷۴	۱۰	۹۵۸/۷
زایلن	۴۰۴	۵۰	۵۶۷/۳
مخلوط بنزن، تولوئن، زایلن		۰/۲۵	۲۹۴/۳

تعیین طول عمر جهت تدوین برنامه تعویض کارتریج: در جدول شماره ۲ طول عمر کارتریج‌های مورد استفاده در اتاقک رنگ آمیزی مورد مطالعه (که بر اساس شرایط مندرج در جدول شماره ۱ و با استفاده از نرم افزار تخمین طول عمر مورد استفاده به دست آمده است) مشاهده می‌شود. همان‌طور که در این جدول نشان می‌دهد، کارتریج‌ها حداکثر به مدت ۱۴۸۷، ۹۵۸/۷ و ۵۶۷/۳ دقیقه به ترتیب برای بنزن، تولوئن و زایلن در شرایطی که به طور تکی در محیط کار وجود داشته‌اند، مقاومت دارند. از آنجا که در بین این مواد زایلن کوتاه‌ترین زمان عبور را دارد، چنین فرض می‌شود که کل مخلوط آلاینده شبیه زایلن عمل می‌کند و لذا طول عمر زایلن به عنوان طول عمر مخلوط در نظر گرفته شد؛ لذا در شرایط واقعی که رنگ کاران در معرض مخلوط آلاینده ها هستند، در کارتریج‌ها پس از حداکثر ۲۹۴/۳ دقیقه عبور آلاینده رخ خواهد داد. لازم به ذکر است تخمین طول عمر زایلن‌ها بر اساس جزء ابتدایی آن‌ها (متا زایلن) انجام می‌شود.

ارزشیابی اثر بخشی برنامه زمانی تدوین شده برای تعویض کارتریج ماسک‌های تنفسی: برای بررسی اثربخشی برنامه تدوین شده جهت تعویض کارتریج‌ها (مطابق روش شرح داده شده در مرحله ۴ روش اجرا)، ۱۰ کارتریج مورد بررسی قرار گرفت که عبور بنزن از هیچ‌کدام از آن‌ها تشخیص داده نشد. این موضوع حاکی از این است که برنامه زمان‌بندی تدوین شده بر اساس شرایط محیط کار و با استفاده از نرم افزار طول عمر مورد استفاده، کارایی لازم را داشته است.

بحث و نتیجه گیری

جدول شماره ۱ نشان داد که میزان مواجهه رنگ کاران با ترکیبات آلی (بنزن، تولوئن و مخلوط زایلن ها) بیشتر از حدود تماس شغلی است به نحوی که در بدترین شرایط از نظر غلظت (که برای تخمین طول عمر مورد استفاده قرار می‌گیرد)، غلظت مواجهه کارکنان به ترتیب برای بنزن، تولوئن و مخلوط زایلن ها ۵۸، ۷۱۴ و ۴۰۴ پی پی ام بود که این مقدار به ترتیب ۱۱۵/۵، ۸/۷ و ۴ برابر حدود تماس شغلی ۸ ساعته مربوط به این مواد بود. دلیل این مسئله را می‌توان ناشی از نقص و ناکارآمدی سیستم تهویه در زمان انجام این مطالعه و همچنین نوع سیستم رنگ آمیزی (رنگ آمیزی به شیوه اسپری) دانست. چنین یافته ای مشابه مطالعه ویتالی (Vitali) و همکارانش در سال ۲۰۰۶ است که در آن غلظت بنزن در داخل کارگاه‌های رنگ آمیزی اتومبیل مورد بررسی، بالاتر از حدود تماس شغلی ۸ ساعته بود [۱۷].

از آنجا که در اتاقک رنگ آمیزی مورد مطالعه سیستم تهویه قادر به کنترل کافی میزان مواجهه کارکنان در برابر بخارات حلال‌های آلی نمی‌باشد و کارکنان جهت حفاظت خود در برابر مخاطرات این مواد صرفاً به استفاده از ماسک‌های تنفسی تکیه دارند، تدوین و اجرای یک برنامه زمان‌بندی موثر برای تعویض به موقع کارتریج‌ها، به ویژه برای مواد شیمیایی که خواص هشدار دهندگی ضعیفی دارند (مثل بنزن)، از اهمیت بسیار زیادی برخوردار است.

همان‌طور که در جدول شماره ۲ مشاهده شد، طول عمر کارتریج ماسک‌های تنفسی در اتاقک رنگ آمیزی

[Downloaded from ioh.iums.ac.ir on 2026-05-07]

مورد مطالعه با توجه به شرایط محیطی و مشخصات کارتریج مورد استفاده ۲۹۴/۳ دقیقه (معادل ۴/۹ ساعت) تخمین زده شد که در واقع این مقدار مربوط به طول عمر ماده زایلن (به عنوان کوتاه‌ترین زمان عبور در مخلوط مواد شیمیایی) است. با در نظر گرفتن یک ضریب ایمنی برنامه پیشنهادی به صنعت برای تعویض کارتریج هر ۴ ساعت یک‌بار می‌باشد که با برنامه فعلی صنعت برای تعویض کارتریج‌ها (دو تا سه روز کاری معادل ۲۴-۱۶ ساعت) اختلاف قابل توجهی دارد.

از طرفی مطابق استاندارد OSHA کارتریج‌های بخارات آلی که جهت حفاظت در برابر بنزن به کار می‌روند، می‌بایست در انتهای طول عمر و یا در ابتدای هر شیفت (هر کدام که زودتر فرا برسد) تعویض گردند و کارتریج‌ها نبایستی برای بیشتر از یک شیفت برای حفاظت در برابر این‌گونه مواد استفاده شوند چرا که به علت فراریت بالای این ماده امکان واجذب و مهاجرت آن در طی مدتی که کارتریج استفاده نمی‌شود (نظیر شب) وجود داشته و در شروع شیفت بعد، با استفاده مجدد از آن فرد استفاده کننده از ماسک در معرض غلظت بالایی از این ماده قرار خواهد گرفت [۲]. بنابراین حتی اگر وضعیت اقدامات کنترل مهندسی نظیر سیستم تهویه در اتاقک رنگ آمیزی بهبود پیدا کند و طول عمر کارتریج بیشتر از یک شیفت شود، باز هم کارتریج‌ها نمی‌توانند مطابق برنامه فعلی تعویض گردند به عبارت دیگر کارتریج‌ها می‌بایست در خاتمه طول عمرشان و یا در ابتدای هر شیفت (هر کدام که زودتر فرا برسد) تعویض گردند.

البته با بهبود سیستم تهویه در داخل اتاقک رنگ آمیزی به نحوی که یک جریان هوای مداوم و یکنواخت و با کیفیت مناسب و همچنین با سرعت کافی در کلیه نقاط اتاقک رنگ آمیزی و منطقه تنفسی رنگ کاران فراهم گردد، می‌توان برنامه زمان بندی تعویض کارتریج را به نحوی تدوین نمود که رنگ کاران در هر شیفت کاری فقط یک نوبت کارتریج (در ابتدای هر شیفت کاری) دریافت کنند. همچنین می‌توان ماسک‌های هوا رسان و ماسک‌های مجهز به شلنگ هوا (Air line) را جایگزینی مناسب برای ماسک‌های تصفیه کننده هوا در داخل اتاقک رنگ آمیزی پیشنهاد داد. این ماسک‌ها فاقد کارتریج یا کانیستر بوده و هوای تنفسی را با فشار مثبت در ناحیه تنفسی رنگ کاران فراهم می‌آورند و از درجه حفاظتی بالاتری برخوردار هستند.

لازم به ذکر است اگرچه مشکلات و عدم قطعیت‌هایی در مورد تدوین برنامه زمان‌بندی برای تعویض کارتریج‌های ماسک‌های تنفسی وجود دارد، ولی اعتقاد بر این است که چنین عدم قطعیت‌هایی ریسک کمتری برای سلامتی کارکنان دارد تا اینکه آن‌ها برای تعویض کارتریج بر خواص هشداردهنده تکیه داشته باشند [۱۸]. از طرفی برای غلبه بر این عدم قطعیت‌ها و پیشگیری از برنامه های تعویض ناکارآمد که می‌تواند منجر به مواجه های بیش از حد مزمن شود، برنامه تعویض تدوین شده در خاتمه زمان طول عمر تخمین زده شده (۴ ساعت) و بلافاصله قبل از جایگزینی جدید، در داخل اتاقک رنگ آمیزی مورد ارزیابی و اعتبار بخشی قرار گرفت که بر اساس نتایج آن می‌توان اطمینان داشت که برنامه تدوین شده برای تعویض کارتریج‌ها موثر و دارای اعتبار کافی به منظور پیشگیری از مواجهه کارکنان با مقادیر بیش از حد آلاینده ها می‌باشد. به هر حال با تغییر در شرایط محیط کار و همچنین بر مبنای یک برنامه دوره ای لازم است برنامه تعویض کارتریج‌ها مورد بازنگری قرار گیرد.

جهت تدوین برنامه زمان‌بندی تعویض کارتریج ماسک‌های تنفسی می‌توان از نرم افزار تعیین طول عمر NIOSH استفاده نمود. نتایج بررسی اثر بخشی برنامه تدوین شده بر اساس این نرم افزار، نشان داد نرم افزار فوق‌الذکر از کارایی مناسبی جهت تدوین موثر برنامه زمان‌بندی تعویض کارتریج ماسک‌های تنفسی برخوردار بوده و می‌تواند به این منظور در محیط‌های کاری مورد استفاده قرار گیرد. ضمناً دستگاه تست میدانی کارتریج‌ها نتایج نرم افزار تخمین طول عمر NIOSH را تایید نمود؛ لذا این روش ساده و کاربردی می‌تواند جهت بررسی کارایی برنامه تعویض کارتریج ماسک‌های تنفسی و همچنین سنجش اثر بخشی نرم افزارهای

[Downloaded from ioh.iums.ac.ir on 2026-05-07]

تخمین طول عمر کارتریج‌ها نظیر نـرم افـزار NIOSH مورد استفاده قرار گیرد.

تشکر و قدردانی

بدین وسیله از حمایـت دانشـکده بهداشـت دانشـگاه علـوم پزشـکی تهـران و پژوهشـکده محـیط زیسـت و همچنین همکاری آقای داریوش ملکی در طول اجـرای این مطالعه تشکر و قدردانی می‌گردد.

منابع

1. OSHA. Standards- 29 CFR- 1910. 134. Respiratory Protection 1998.

2. Wood, G.O., & Lodewyckx, P. An extended equation for rate coefficients for adsorption of organic vapours and gases on activated carbons in air-purifying respirator cartridges. AIHA, 2003;l 64:646-650.

3. OSHA. Respiratory Protection; Final Rule, Federal Register. 1998;63:5,1152-1300.

4. National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH). NIOSH Respirator Selection Logic. 2004.

5. International Program on Chemical Safety (IPCS). INCHEM 2010. Retrieved from: http://www.inchem.org/documents/pims/ chemical/xylene.htm.

6. ACGIH. Threshold Limits Values and Biological Exposure Indices (TLVs and BEIs), Signature Publication. 2010.7. Canadian Centre for Occupational Health & Safety (CCOHS). (2003). Chemical Profiles. Retrieved from http://www. ccohs.ca/oshanswers/chemicals/chem_profiles/.

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

9. OSHA. Respirator Change Schedules. 1998. Retrieved from: http://www.trustcrm. com/ectny/ respiratory_advisor/change_ schedule.html.

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

11. EN14387: 2004. Respiratory Protective Device-Gas filters and combined filters- Requirement, testing, marking, B.S.Standard.

12. Jahangiri, M. and J. Adl, Assessment of Organic Vapor-Respirator Cartridge Efficiency based on the EN 14387:2004 Standard Journal of School of Public Health and Institute of Public Health Research 2011. 9(1): p. 1-10.

13. Tanaka, S., Tsuda, Y., Kitamura, S., Shimada, M., et al. A simple method for detecting breakthroughs unused chemical cartridges, AIHA, 2001; 62; 168-171. .

14. OSHA. Inspection procedures for the Respiratory Protection Standard, CPL. 1998;02-00-120.

15. Byung R. Kim, VOC Emissions from Automotive Painting and Their Control: A Review, Environ. Eng. Res. 2011 March, 16(1) : 1-9.

16. NIOSH/NPPL. NIOSH MultiVapor™ Version 2.2.3, Publication No. 2010-124C (supersedes 2007-129).

17. Vitali, M., Ensabella, F., Stella, D., and Guidotti, M. Exposure to Organic Solvents among Handicraft Car Painters: A Pilot Study in Italy, Industrial Health. 2006; 44, 310–317.

18. Reist, PC., Rex, F. Odor detection and respirator cartridge replacement, AIHA 1997; 38 (10):563-6.

[Downloaded from ioh.iums.ac.ir on 2026-05-07]

[Downloaded from ioh.iums.ac.ir on 2026-05-07]

Determining Service Life of Respirator Cartridges Using a Simple and Practical Method: Case Study in a Car Manufacturing Industry

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

Received: 2011/02/01 Revised: 2011/05/29 Accepted: 2011/08/28

Abstract

Background and aim: For ensuring about proper performance of air-purifying respirators in providing protection against workplace contaminates, it is necessary to change the respirator cartridges before the end of their service life. The aim of this study was determination of service life of organic vapor cartridges using a simple and practical method in a spray painting booth of a car manufacturing industry.

M**ethods:** NIOSH Multi Vapor software was used for estimating service life of respirator cartridges based on workplace conditions and cartridge specifications. Efficiency of determined service life was investigated using an apparatus for field testing of cartridges in the workplace.

Results: The result showed that existing schedule for changing the respirator cartridges is not effective and no longer provide adequate protection for sprayers against organic contaminants while working in a painting booth. It is necessary to change the cartridges before their estimated service life (every 4 hours).

Conclusion: NIOSH MultiVapor has acceptable efficiency for determining respirator cartridges service life and could be used as a simple and practical method in the workplace. This software could be used as a simple and practical method in the workplace. Moreover, Service life estimated by this software was confirmed by cartridge field test apparatus.

Keywords: Respirator, Organic vapour, NIOSH Multi Vapor software, Cartridge field test apparatus

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

2.(Corresponding author) Department of Occupational Health,School of Health, Tehran University of Medical Sciences,Tehran, Iran adljavad@sina.tums.ac.ir, Tele Fax: +98 21 88 95 13 90

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

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

5. Department of Epidemiology and Biostatistics, School of Health, Tehran University of Medical Sciences,Tehran, Iran

6. Oil Industry research center, Nanotechnology Center.

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

[Downloaded from ioh.iums.ac.ir on 2026-05-07]