

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

مهدى جهانگيرى^۱، جواد عدل^۲، سيد جمال الدین شاه طاهرى^۳، حسين كاكوبى^۴، عباس رحيمى فروشانى^۵، عليمراد رشيدى^۶، جواد کى پور^۷

تاریخ پذیرش: ۹۰/۰۶/۰۶

تاریخ ویرایش: ۹۰/۰۳/۰۸

تاریخ دریافت: ۸۹/۱۱/۱۲

چکیده

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

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

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

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

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

اقدام کنترلی مکمل در تلفیق با سایر اقدامات کنترلی، لازم است از انواع ماسک‌های تنفسی مناسب نظریه ماسک‌های تصفیه کننده هوا در طول فرایند اسپری رنگ استفاده شود. این ماسک‌ها حاوی بستر فشرده‌ای از گرانول‌های کربن فعال به شکل کارتیریج 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 کارتیریج حفاظت تنفسی کافی را برای کاربر ماسک فراهم

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

- ۱- گروه بهداشت حرفه‌ای، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی تهران، تهران، ایران.
- ۲- (نویسنده مستول) گروه بهداشت حرفه‌ای، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی تهران، تهران، ایران، تهران، ایران، (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.



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 فوق الذکر، چنانچه کارتريج فاقد ESLI باشد، لازم است با توجه به شرایط محیط کار و مشخصات کارتريج مورد استفاده نسبت به تخمین طول عمر آن‌ها و تدوین یک برنامه زمان‌بندی برای تعویض کارتريج‌ها اقدام گردد تا بدین ترتیب از تعویض به موقع کارتريج‌ها قبل از انتهاء طول عمرشان اطمینان حاصل شود [۳، ۹].

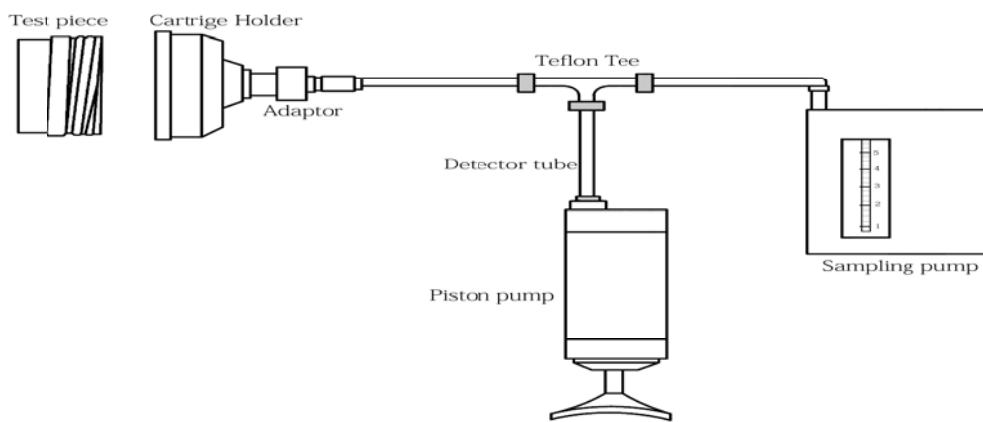
مطالعات متعددی در زمینه ارزشیابی کارایی و تدوین مدل برای تخمین طول عمر کارتريج ماسک‌های تنفسی انجام شده است. معمول‌ترین و پرکاربردترین مدل ارائه شده در این زمینه که به وسیله OSHA و همچنین اکثر سازندگان مورد استفاده قرار می‌گیرد، مدل ریاضی وود است [۱۰]. به منظور ایجاد سهولت در استفاده از مدل‌های فوق به 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 کارتريج بخارات آلی در حالت تک آلایینده و چند آلایینده 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 کارتريج‌ها وجود دارد [۱۱]، لازم است اثر بخشی این مدل‌ها و کارایی آن‌ها در تعیین طول عمر کارتريج‌ها مورد بررسی قرار گیرد. اگرچه روش‌های استاندارد آزمایشگاهی نظریр EN 14387 [۱۱] به منظور سنجش کارایی کارتريج ماسک‌های تنفسی ارائه شده‌اند و مطالعاتی نیز با استفاده از این استانداردها در داخل کشور انجام شده است [۱۲]، ولی به کارگیری این روش‌ها در محیط کار به دلیل وقت گیر و هزینه بر بودن مشکل می‌باشد؛ لذا جهت ارزیابی موثر بودن برنامه تعویض کارتريج‌ها در محل کار، نیاز به استفاده از روش‌هایی وجود دارد که

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

از آنجا که حس بویایی انسان مصنون از خطأ 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 نظریر سرما خوردگی سبب تضعیف حس بویایی می‌شود، تکیه بر خواص هشدار دهنده نمی‌تواند به عنوان تنها معیار جایگزینی کارتريج در نظر گرفته شود [۴]. به علاوه برخی مواد آستانه بویایی شان 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 ام [۵] دارد که این مقدار حدود ۱۰ برابر حدود تماس شغلی آن یعنی ۰/۵ پی ام [۶] می‌باشد. بنابراین بنزن خواص بویایی این دهنده‌گی پایینی داشته و نمی‌توان خواص بویایی در ماده را به عنوان معیار تعویض کارتريج در نظر گرفت. در مورد تولوئن علی رغم اینکه آستانه بویایی در حدود ۲/۴۹ پی ام دارد و این مقدار زیر حدود تماس شغلی این ماده است (۲۰ پی ام)، ولی به علت نوسانات زیاد در آستانه بویایی، خواص هشدار دهنده‌گی آن چندان قابل اعتماد نمی‌باشد ولی زایلن با آستانه بویایی ۱ و حدود تماس شغلی ۱۰۰ پی ام، به عنوان ماده ای با خواص هشدار دهنده‌گی کافی در نظر گرفته می‌شود [۷]. با توجه به دلایل فوق الذکر تکیه بر خواص هشدار دهنده و آستانه بویایی نمی‌تواند به عنوان تنها معیار تعویض کارتريج در نظر گرفته شود.

بر اساس استاندارد حفاظت تنفسی موسسه ایمنی و بهداشت حرفه ای آمریکا (OSHA) [۱] ماسک‌های تصفیه‌های هوا می‌بایست مجهز به شاخص انتهاء طول عمر (ESLI-End of Service Life Indicator) باشند ولی در حال حاضر این شاخص فقط برای تعداد



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

ماسکهای تنفسی را مورد ارزیابی قرار داد. برای این منظور نسبت به طراحی و ساخت دستگاه تست میدانی کارتريج اقدام گردید که تصویر آن در شکل شماره ۱ مشاهده می‌شود. این دستگاه از یک لوله گاز یاب (به عنوان وسیله قرائت مستقیم)، یک کارتريج هولدر، آداتپور و سه راهی از جنس تفلون، لوله نمونه برداری و پمپ نمونه برداری تشکیل شده است. برای تست میدانی کارتريج، هوا از روی کارتريجی 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 کارتريج موثر نیست و لازم است در برنامه تعویض کارتريج تجدید نظر به عمل آید (کوتاه تر گردد). در این مطالعه برای سنجش اثر بخشی فاصله زمانی تعویض کارتريج‌ها در اتفاق رنگ پاشی، عبور بنزن (به عنوان خطرناک‌ترین ماده در بین ترکیبات آلی فرار مورد مواجهه) از ۱۰ کارتريج (دقیقاً قبل از تعویض کارتريج‌ها) 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 آلاینده‌های موجود در اتفاق 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

ضمون برخورداری از صحت و دقت کافی، سریع بوده و قابلیت به کارگیری آن در شرایط میدانی وجود داشته باشد. تاناکا و همکارانش (Tanaka et al.) در مطالعه خود یک روش ساده و کاربردی جهت تست میدانی کارتريج‌ها در محل کار ارائه دادند که نتایج آن نشان داد این روش می‌تواند در سنجش اثر بخشی برنامه تعویض کارتريج‌ها 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 کارتريج‌ها، با استفاده از برنامه نرم افزاری NIOSH MultiVapor و ارزیابی صحت پیش‌بینی ارائه شده از سوی این روش با بهره گیری از روش ساده میدانی در اتفاق رنگ یک صنعت خودرو سازی انجام شد.

روش بررسی

مراحل انجام این مطالعه به شرح ذیل می‌باشد:

- ارزیابی کارایی برنامه موجود صنعت برای تعویض کارتريج ماسک‌های تنفسی: در مرحله اول این مطالعه کارایی برنامه موجود در صنعت جهت تعویض کارتريج‌های ماسک‌های تنفسی تصفیه کننده هواهای 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 کارتريج

می‌کنند، و این برنامه جزو برنامه‌های کاری معمول نیست، حدود تماس شغلی ۸ ساعته آن‌ها مطابق مدل بریف و اسکالا(Brief and Scala) [۷] تعديل گردید. برای این کار فاکتور کاهش روزانه و فاکتور کاهش هفتگی محاسبه و با توجه به کمتر بودن فاکتور کاهش هفتگی ضرب و از حاصل ضرب آن‌ها حدود تماس شغلی تعديل شده محاسبه گردید.

۳- تعیین طول عمر و تدوین برنامه زمان‌بندی تعویض کارتريج: برای تخمین طول عمر استفاده از کارتريج 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 آلاینده‌های مخلوط در محیط کار را داشته و از طریق وب سایت اینترنتی در دسترس می‌باشد. برای این منظور اطلاعات مربوط به نوع و غلظت آلاینده‌های محیط کار و شرایط محیطی (دما و رطوبت) وارد نرم افزار گردید. میزان فلوی هوای عبور از روی کارتريج، 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 کارتريج برای آلاینده‌های موجود در مخلوط به جداگانه تخمین زده شده و سپس طول عمر ماده‌ای که کوتاه‌ترین زمان عبور را در بین آلاینده‌های 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 کارتريج و ماسک مورد استفاده در صنعت مورد بررسی از طریق مکاتبه با سازنده و همچنین بررسی کاتالوگ مشخصات آن به دست آمد. این کارتريج 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 ۵۳۳/۰ سانتی متر مکعب بر گرم و با ۲ کارتريج در هر ماسک بود.

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

برای آنالیز نمونه‌ها از روش شماره ۱۵۰۱/۱۵۰۰ (NIOSH) استنیتوی ملی ایمنی و بهداشت حرفه‌ای 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 نمونه‌های اصلی در هر روز جمع آوری و به روش مشابهی با نمونه‌های اصلی آنالیز گردید. بخش‌های عقبی و جلویی لوله‌های 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 اتفاق رنگ آمیزی نیز به عنوان عوامل تأثیر گذار بر طول عمر کارتريج، 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 کارتريج ماسک‌های تنفسی مقادیر مربوط به بدترین شرایط محیط کار [۸]، لحاظ می‌شود، مقادیر میانگین غلظت آلاینده‌ها 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 آلاینده‌های 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



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

عامل	تعداد	میانگین	حدود تماس	حدود تماس	اختلاف	غلظت مورد
	نمونه	± انحراف معیار	شعلی	شعلی	میانگینها	Sig. (2-tailed)*
بنزن	۲۴	۷۶/۲±۲۱/۲	۰/۰۵	۰/۰۵	شعلی	استفاده جهت
تولوفن	۲۰	۱۱۱/۳±۶۱/۷	۲/۲	۹۱/۴۴	(MD)	تخمین طول
زایلن	۱۰۰	۳۱۲/۳±۹۱/۳	۱۱	۲۱۲/۹۲	(پی پی ام)	عمر * کارتريج
دما (درجه سانتی گراد)	۶	۲۰/۸۳±۰/۶۸	-	-	(پی پی ام)	
روطوبت نسبی (درصد)	۶	۵۴/۵±۰/۵	-	-		

* حاصل جمع مقادیر میانگین غلظت آلینده ها با انحراف معیار

کارتريج مورد بررسی به منظور سنجش اثر بخشی فاصله زمانی تعویض کارتريج ها در اتفاق رنگ پاشی، عبور بنزن پس از عبور هوا از روی ۷ کارتريج در لوله های گاز یاب تشخیص داده شد. این موضوع حاکی از این است که طول عمر مورد استفاده در صنعت برای تعویض کارتريج ها در اتفاق رنگ آمیزی موثر نبوده و با چنین وضعیتی امکان مواجهه بیش از حد کارکنان با آلینده ها به ویژه در مواقعی که اقدامات کنترل مهندسی به خوبی عمل نمی کنند، وجود دارد. بنابراین برنامه تعویض (طول عمر) کارتريج ها نیاز به بازنگری دارد.

شرایط محیط کار: جدول ۱ شرایط محیط کار شامل نوع و میزان آلینده ها، دما و رطوبت نسبی را که برای تدوین برنامه زمان بندی تعویض کارتريج ضروری هستند را نشان می دهد. نتایج پایش هوا در داخل اتفاق رنگ آمیزی نشان داد غلظت بخارات آلی به ترتیب $۳۱۲/۳\pm ۹۱/۳$ ، $۱۱۱/۳\pm ۶۱/۷$ ، $۳۶/۲\pm ۲۱/۲$ برای بنزن، تولوفن و مخلوط زایلن ها می باشد که این مقادیر بیشتر از حدود تماس شعلی می باشد ($p < 0.05$). دما و رطوبت نسبی اتفاق رنگ آمیزی به ترتیب $۲۰/۸۳\pm ۰/۶۸$ درجه سانتی گراد و $۵۴/۵\pm ۰/۵$ درصد بود که چهت تخمین طول عمر به ترتیب ۲۱ درجه سانتی گراد و ۵۵ درصد در برنامه نرم افزاری NIOSH مورد استفاده قرار گرفتند.

۴- ارزشیابی اثر بخشی برنامه زمانی تدوین شده برای تعویض کارتريج ماسک های تنفسی: طول عمر تعیین شده برای کارتريج ها (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 زمان بندی تدوین شده، هیچ گونه بخار آلی در کارتريج های مصرف شده مشاهده نگردد، عبور آلینده قابل توجهی رخ نداده و برنامه تدوین شده مورد تایید قرار گرفته و کارتريج ها می توانند مطابق با این برنامه تعویض شوند. چنانچه عبور آلینده رخ داد، به این معناست که برنامه تدوین شده برای تعویض کارتريج ها می بایست کوتاه تر شده (مثلاً یک ساعت) و تست فوق مجدداً تکرار گردد.

یافته ها

در اتفاق رنگ آمیزی ۵ رنگ کار و هر کدام ۶ روز در هفته و به مدت ۱۰ ساعت در هر روز کار می کردند. برنامه فعلی تعویض کارتريج در اتفاق رنگ پاشی از دو تا سه روز کاری (۱۶-۲۴ ساعت) متفاوت بوده و معيار مورد استفاده برای تعویض کارتريج تکیه بر آستانه بوبیایی رنگ کاران بود.

ارزیابی کارایی برنامه موجود صنعت برای تعویض کارتريج ماسک های تنفسی: از بین ۱۰

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

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

بحث و نتیجه گیری

جدول شماره ۱ نشان داد که میزان مواجهه رنگ کاران با ترکیبات آلی (بنزن، تولوئن و مخلوط زايلن ها) بیشتر از حدود تماس شغلی است به نحوی که در بدترین شرایط از نظر غلظت (که برای تخمین طول عمر مورد استفاده قرار می گیرد)، غلظت مواجهه کارکنان به ترتیب برای بنزن، تولوئن و مخلوط زايلن ها ۵۸، ۱۴۸۷ و ۹۵۸/۷ پی ام بود که این مقدار به ترتیب ۷۱۴ و ۴۰۴ و ۴/۷ برابر حدود تماس شغلی ۸ ساعته مربوط به این مواد بود. دلیل این مسئله را می توان 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 حلال های آلی نمی باشد و کارکنان جهت حفاظت خود در برابر مخاطرات این مواد صرفاً به استفاده از ماسک های تنفسی تکیه دارند، تدوین و اجرای یک برنامه زمان بندی موثر برای تعویض به موقع کارتريج ها، به ویژه برای مواد شیمیایی که خواص هشدار دهنگی ضعیفی دارند (مثل بنزن)، از اهمیت بسیار زیادی برخوردار است.

همان طور که در جدول شماره ۲ مشاهده شد، طول عمر کارتريج ماسک های تنفسی در اتاقک رنگ آمیزی

تعیین طول عمر جهت تدوین برنامه تعویض

کارتريج: در جدول شماره ۲ طول عمر کارتريج های 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 می شود. همان طور که در این جدول نشان می دهد، کارتريج ها حداکثر به مدت ۱۴۸۷، ۹۵۸/۷ و ۵۶۷/۳ دقیقه به ترتیب برای بنزن، تولوئن و زايلن در شرایطی که به طور تکی در محیط کار وجود داشته اند، مقاومت دارند. از آنجا که در بین این مواد زايلن کوتاه ترین زمان عبور را دارد، چنین فرض می شود که کل مخلوط آلاینده شبیه زايلن عمل می کند و لذا طول عمر زايلن به عنوان طول عمر مخلوط در نظر گرفته شد؛ لذا در شرایط واقعی که رنگ کاران در معرض مخلوط آلاینده ها هستند، در کارتريج ها پس از حداکثر ۲۹۴/۳ دقیقه عبور آلاینده رخ خواهد داد. لازم به ذکر است تخمین طول عمر زايلن ها بر اساس جزء ابتدایی آنها (متا زايلن) انجام می شود.

ارزشیابی اثر بخشی برنامه زمانی تدوین شده برای تعویض کارتريج ماسک های تنفسی: برای بررسی اثربخشی برنامه تدوین شده جهت تعویض کارتريج ها (مطابق روش شرح داده شده در مرحله ۴ روش اجرا)، ۱۰ کارتريج مورد بررسی قرار گرفت که عبور بنزن از هیچ کدام از آن ها تشخیص داده نشد. این موضوع حاکی از این است که برنامه زمان بندی تدوین شده بر اساس شرایط محیط کار و با استفاده از نرم افزار طول عمر مورد استفاده، کارایی لازم را داشته است.



جایگزینی مناسب برای ماسکهای تصفیه کننده هوا در داخل اتاق رنگ آمیزی پیشنهاد داد. این ماسک‌ها فاقد کارتريج یا کانیستربوده 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 کارتريج‌های ماسک‌های تنفسی وجود دارد، ولی اعتقاد بر این است که چنین عدم قطعیت‌هایی ریسک کمتری برای سلامتی کارکنان دارد تا اینکه آن‌ها برای تعویض کارتريج بر خواص هشداردهنده تکیه داشته باشند [۱۸]. از طرفی برای غلبه بر این عدم قطعیت‌ها و پیشگیری از برنامه‌های تعویض ناکارآمد که می‌تواند منجر به مواجهه‌های بیش از حد مزمن شود، برنامه تعویض تدوین شده در خاتمه زمان طول عمر تخمین زده شده (۴ ساعت) و بلافضله قبل از جایگزینی جدید، در داخل اتاق رنگ آمیزی مورد ارزیابی و اعتبار بخشی قرار گرفت که بر اساس نتایج آن می‌توان اطمینان داشت که برنامه تدوین شده برای تعویض کارتريج‌ها موثر و دارای اعتبار کافی به منظور پیشگیری از مواجهه کارکنان با مقادیر بیش از حد آلاینده‌ها می‌باشد. به هر حال با تغییر در شرایط محیط کار و همچنین بر مبنای یک برنامه دوره‌ای لازم است برنامه تعویض کارتريج‌ها مورد بازنگری قرار گیرد.

جهت تدوین برنامه زمان‌بندی تعویض کارتريج 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 فوق الذکر از کارایی مناسبی جهت تدوین موثر برنامه زمان‌بندی تعویض کارتريج ماسک‌های تنفسی برخوردار بوده و می‌تواند به این منظور در محیط‌های کاری مورد استفاده قرار گیرد. ضمناً دستگاه تست میدانی کارتريج‌ها نتایج نرم افزار تخمین طول عمر NIOSH را تایید نمود؛ لذا این روش ساده و کاربردی می‌تواند جهت بررسی کارایی برنامه تعویض کارتريج ماسک‌های تنفسی و همچنین سنجش اثر بخشی نرم افزارهای

مورد مطالعه با توجه به شرایط محیطی و مشخصات کارتريج 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 صunt برای تعویض کارتريج هر ۴ ساعت یک بار می‌باشد که با برنامه فعلی صunt برای تعویض کارتريج‌ها (دو تا سه روز کاری معادل ۲۴-۲۶ ساعت) اختلاف قابل توجهی دارد.

از طرفی مطابق استاندار OSHA کارتريج‌های 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 کارتريج‌ها نبایستی برای بیشتر از یک شیفت برای حفاظت در برابر این گونه مواد استفاده شوند چرا که به علت فراریت بالای این ماده امکان واجذب و مهاجرت آن در طی مدتی که کارتريج 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 اتاق رنگ آمیزی بهبود پیدا کند و طول عمر کارتريج بیشتر از یک شیفت شود، باز هم کارتريج‌ها نمی‌توانند مطابق برنامه فعلی تعویض گردند به عبارت دیگر کارتريج‌ها 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 اتاق رنگ آمیزی به نحوی که یک جریان هوای مداوم و یکنواخت و با کیفیت مناسب و همچنین با سرعت کافی در کلیه نقاط اتاق رنگ آمیزی و منطقه تنفسی رنگ کاران فراهم گردد، می‌توان برنامه زمان‌بندی تعویض کارتريج را به نحوی تدوین نمود که رنگ کاران در هر شیفت کاری فقط یک نوبت کارتريج (در ابتدای هر شیفت کاری) دریافت کنند. همچنین می‌توان ماسک‌های هوا رسان و ماسک‌های مجهز به شلنگ هوا (Air line) را

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.

تخمین طول عمر کارتريج‌ها نظير نرم افزار NIOSH مورد استفاده قرار گيرد.

تشکر و قدردانی

بدین وسیله از حمایت دانشکده بهداشت دانشگاه علوم پزشکی تهران و پژوهشکده محیط زیست و همچنین همکاری آقای داریوش ملکی در طول اجرای 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;1 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/.
7. Spelce, D.L. Chemical Cartridge Change Out Schedules. Navy and Marine Corps, Public Health Center, Industrial Hygiene Homepage. 2010.
8. OSHA. Respirator Change Schedules. 1998. Retrieved from: http://www.trustcrm.com/ectny/respiratory_advisor/change_schedule.html.
9. Wood, G.O. Estimating Service Lives of Organic Vapor Cartridges, American Industrial Hygiene Association Journal, 1994; 55:11-15. .
10. EN14387: 2004. Respiratory Protective Device-Gas filters and combined filters-Requirement, testing, marking, B.S.Standard.
11. Jahangiri, M. and J. Adl, Assessment of Organic Vapor-Respirator Cartridge Efficiency

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

M. Jahangiri¹, J. Adl², S.J. Shahtaheri³, H. Kakooe⁴, A. Rahimi Forushani⁵, A.M. Rashidi⁶, J. Keypoure⁷

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.

Methods: 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