

## کارایی انواع کارتریج های ماسک های تنفسی ویژه بخارهای آلی بر مبنای استاندارد EN 14387:2004

مهدی جهانگیری: دانشجوی دوره دکتری، گروه بهداشت حرفه ای، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی تهران، تهران، ایران  
جوادی عدل: استادیار، گروه بهداشت حرفه ای، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی تهران، تهران، ایران- نویسنده رابط:

adl javad@sina.tums.ac.ir

سید جمال الدین شاه طاهری: استاد، گروه بهداشت حرفه ای، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی تهران، تهران، ایران

حسین کاکویی: استاد، گروه بهداشت حرفه ای، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی تهران، تهران، ایران

عباس رحیمی فروشانی: دانشیار، گروه اپیدمیولوژی و آمار زیستی، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی تهران، تهران، ایران

علیمراد رشیدی: استادیار، مرکز تحقیقات نانو تکنولوژی، پژوهشگاه صنعت نفت، تهران، ایران

امیر قربانعلی: کارشناسی ارشد، گروه مهندسی شیمی، دانشکده فنی، دانشگاه تهران

تاریخ دریافت: ۱۳۸۹/۲/۱۷ تاریخ پذیرش: ۱۳۸۹/۱۰/۲۸

### چکیده

زمینه و هدف: بررسی انطباق کارتریج های ماسک های تنفسی با استانداردهای مورد پذیرش، جهت حصول اطمینان از کارایی آنها در حفاظت از دستگاه تنفسی از اهمیت ویژه ای برخوردار است. این مطالعه با هدف بررسی میزان انطباق کارایی کارتریج های ماسک های تنفسی ویژه بخارهای آلی موجود در شرکت های مختلف پتروشیمی با استاندارد EN 14387:2004 انجام شد.

روش کار: در فاز اول این مطالعه انواع کارتریج های ماسک های تنفسی موجود در صنایع پتروشیمی شناسایی شد و مشخصات آنها از طریق مکاتبه با سازندگان و مطالعه ی مستندات آنها استخراج گردید. در مرحله بعد تعداد ۳ نمونه از هر نوع کارتریج با استاندارد فوق الذکر انتخاب و با دستگاهی که به منظور اندازه گیری زمان عبور، طراحی و ساخته شد، مورد آزمون قرار گرفتند.

نتایج: این مطالعه نشان داد که کمترین و بیشترین طول عمر کارتریج های مورد بررسی به ترتیب ۲۹ و ۱۴۲ دقیقه می باشد. از بین ۱۰ نوع کارتریج مورد بررسی، طول عمر یک نوع از کارتریج ها از حداقل تعیین شده در استاندارد (۷۰ دقیقه) کمتر بود.

نتیجه گیری: با توجه به وجود یک نوع کارتریج غیر استاندارد در بین نمونه های مورد مطالعه، ضروری است برنامه ای جهت حصول اطمینان از انطباق کارایی کارتریج ها با استاندارد های مربوطه از سوی نهاد های مسوول نظیر سازمان استاندارد و تحقیقات صنعتی و مرکز تحقیقات حفاظت و بهداشت کار کشور تدوین و اجرا گردد.

واژگان کلیدی: ماسک های تنفسی تصفیه کننده هوا، کارتریج، بخارهای آلی

### مقدمه

کارهای کوتاه مدت (نظیر کارهای تعمیراتی) و در مواقع نصب و تعمیر اقدامات کنترل مهندسی، در صنایع پتروشیمی اجتناب ناپذیر است. این ماسک ها دارای یک یا دو محفظه پلاستیکی یا فلزی تحت عنوان کارتریج می باشند که در آنها مقدار معینی ماده جاذب (معمولا کربن فعال) ریخته می شود و طی عبور هوای آلوده از روی آن، آلاینده ها با سازوکار جذب از هوا حذف می شوند. (تصویر نمایی

ماسک های تنفسی کارتریج دار دسته ای از ماسک های تنفسی تصفیه کننده هوا می باشند که استفاده از آنها در محیط های کاری به منظور حفاظت کارکنان در برابر گازها و بخارهای آلاینده 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

نماینده ترکیبات آلی مورد آزمون قرار می گیرند. سالهای زیادی است که تتراکلرید کربن به عنوان نماینده ترکیبات آلی، به منظور آزمون عبور آلاینده و سنجش کارایی کارتریج ماسک های تنفسی مورد استفاده قرار می گیرد (ASTM 1994; CFR 2009) ولی با توجه به سمیت این ماده و اثرات تخریبی آن بر روی لایه ازون و همچنین سرطانزایی آن برای انسان (EHC 1999; ACGIH 2010)، مطالعاتی برای جایگزینی آن انجام شده است. از جمله این مطالعات می توان به مطالعه فیوریوس (Furuse) (و همکارانش (Furuse et al. 2001) اشاره کرد که در آن مشخص شد ماده سیکلوهگزان می تواند به عنوان جایگزین تترا کلرید کربن برای آزمون کارتریج و کانسترهای ماسک های تنفسی مورد استفاده قرار گیرد. بر اساس همین مطالعات، در استاندارد کشور ژاپن و استاندارد اروپایی ماده سیکلوهگزان به عنوان نماینده ترکیبات آلی برای آزمون کارتریج های ویژه بخارها آلی معرفی شد. در استاندارد اروپایی شرایط آزمون کارتریج ماسک های تنفسی برای صافیهای با ظرفیت پایین (دسته A) به این صورت می باشد که کارتریج ها درغلظت ۱۰۰۰ پی پی ام از ماده سیکلوهگزان در جریان ۳۰ لیتر بر دقیقه (برای ماسک های تک صافیه و ۱۵ لیتر بر دقیقه برای ماسک های دو صافیه) مورد آزمون قرار می گیرند و مدت زمان رسیدن غلظت در پایین دست کارتریج به ۱۰ پی پی ام به عنوان کارایی کارتریج گزارش می شود (EN141 2000).

استانداردهای مذکور علاوه بر اینکه برای تولید محصول به وسیله سازندگان به کار می روند، از سوی موسسات و نهادهای نظارتی کشورهای مختلف، نیز جهت ارزیابی کارایی کارتریج ها جهت حصول اطمینان از انطباق آنها با استاندارد و ممانعت از توزیع و استفاده از محصولات غیر استاندارد و فاقد کیفیت در صنایع، مورد استفاده قرار می گیرند. به عنوان مثال در مطالعه ای که در سال ۲۰۰۲ توسط مرکز ایمنی و بهداشت کشور فیلیپین انجام شد، ۱۸ نوع کارتریج موجود در بازار این کشور، مورد بررسی قرار گرفت و نتایج آن نشان داد که ۱۰٪ کارتریج های مورد

کارتریج در شکل ۱ نشان داده است). پس از اینکه کارتریج مقدار مشخصی از آلاینده ها را جذب کرد و ظرفیتش تکمیل گردید، آلاینده شروع به عبور از کارتریج کرده و وارد قطعه صورتی ماسک می شود که به این شرایط "عبور آلاینده" (Breakthrough) می گویند.

برای سنجش کارایی کارتریج ماسک های تنفسی در جذب بخارها آلی از شاخص زمان عبور آلاینده (Breakthrough Time) استفاده می شود (EN141 2000). زمان عبور به عنوان یک غلظت خاص که در پایین دست بستر جاذب کارتریج و تحت یک شرایط خاص محیطی تعیین می شود، تعریف می گردد. زمان عبور آلاینده علاوه بر اینکه به مشخصات خود کارتریج نظیر شکل یا ساختار کارتریج و میزان ماده جاذب بستگی دارد، به متغیرهایی همچون میزان جریان هوا، رطوبت و دما، غلظت و نوع آلاینده نیز وابسته است. به عنوان مثال طول عمر کارتریج ماسک های تنفسی بخارها آلی به طور عکس با نرخ تنفسی کارگر و به طور مستقیم با میزان جاذب درون کارتریج متناسب است (Nelson and Correia 1976) و رطوبت نسبی رطوبت بالای ۸۵ درصد طول عمر کارتریج در برابر بخارها آلی را ۵۰ درصد کاهش می دهد. همچنین کاهش ۱۰ برابری غلظت آلاینده در محیط کار، طول عمر را ۵ برابر افزایش می دهد (OSHA 1998).

در زمینه بررسی کارایی کارتریج های ماسک های تنفسی و تعیین طول عمر آنها و همچنین متغیرهای اثر گذر بر طول عمر آنها مطالعات زیادی انجام شده است و مدل ها و معادلات مختلفی نیز در زمینه پیش بینی و تخمین طول عمر کارتریج ها ارائه شده است که از جمله مهم ترین آنها می توان به مدل مککلنبرگ (Mecklenburg) ، مدل ویلر (Wheeler) ، مدل یون-نلسون (Yoon-Nelson) و مدل وود (Wood) اشاره کرد (Wood 1994).

با توجه به دامنه ی وسیع ترکیبات آلی، در استانداردهای ماسک های تنفسی، کارتریج ها با استفاده از

توجه به هدف مطالعه، صرفاً با سیکلوهگزان (جهت بخارات آلی) آزمون شده اند.

مشخصات دستگاه آزمون کارتریج: در شکل ۲، تصویر شماتیک دستگاه اندازه گیری کارایی کاتریج ماسک های تنفسی و قسمت های مختلف آن نشان داده شده است. همانطور که در شکل ۲ مشاهده می شود، هوای تولیدی توسط کمپرسور ابتدا از صافیهای ذرات و صافی کربن فعال (برای حذف بخارهای آلی) عبور کرده و پس از رطوبت زنی به میزان ۷۰ درصد، وارد محفظه ی اختلاط می شود.

محفظه اختلاط سه قسمتی بوده و از سه قطعه A، B و C تشکیل شده است. هوای ابتدا وارد قطعه A شده و در این قطعه از نظر دما (با استفاده از حس گر دمایی PT 100 و کنترل کننده TC4Y, AUTONICS, Korea و رطوبت (با استفاده از حس گر و کنترل کننده) -SU (SAMWON ENG, Korea), 503B) پایش می گردید. در قطعه دوم سیکلوهگزان از سرنگ پمپ (مدل HX-901A) با نرخ تزریق مشخصی بر روی قطعه گرم کننده تزریق و تبخیر شده و با هوای ورودی از قطعه اول مخلوط شده و وارد قطعه سوم که محفظه اصلی اختلاط است، می شد. دمای قطعه گرم کننده بر روی نقطه جوش حلال مورد نظر (سیکلوهگزان) و در حدود ۸۰ درجه سانتی گراد تنظیم شده و با استفاده از یک حس گر دمایی و کنترل کننده TC4Y کنترل می گردید. به منظور پیشگیری از برگشت جریان هوا در بین محفظه (۱) و ۲ از شیر یک طرفه استفاده شد. پس از عبور هوا از محفظه ی اختلاط، هوا از روی یک فلومتر عبور کرده و به نگهدارنده ی کاتریج وارد می شد. میزان جریان هوا با استفاده از یک کنترل کننده ی جریان که در خروجی کمپرسور نصب شده بود، ثابت نگه داشته می شد. میزان جریان عبوری نیز با یک دستگاه گازمتر تر کالیبره گردید.

پس از عبور هوا از فلومتر و قبل از وارد شدن آن بر روی کاتریج، با استفاده از یک دو راهی، هوا به مسیر فرعی هدایت می گردید. پس از تنظیم دقیق کلیه پارامترها

آزمون زمان عبوری کمتر از میزان استاندارد مورد پذیرش این کشور داشتند (Occupational Safety and Health Center 2002).

نظر به اینکه در ایران هنوز استاندارد ملی در خصوص کنترل کیفی ماسک های تنفسی کارتریج دار ارائه نشده و همچنین سازمان های مسوول نظیر موسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی و مرکز تحقیقات و حفاظت بهداشت کار، برنامه ای در زمینه کنترل کیفی ماسک های موجود در کشور ندارند، این مطالعه با هدف بررسی کارایی کاتریج های ماسک های تنفسی ویژه بخارهای آلی موجود در شرکتهای مختلف پتروشیمی با استاندارد EN 14387:2004 انجام شد.

## روش کار

این بررسی یک مطالعه مقطعی جهت بررسی کارایی کاتریج های ماسک های تنفسی ویژه بخارها آلی مورد استفاده در صنایع پتروشیمی بوده است. برای این منظور ابتدا انواع کاتریج های ماسک های تنفسی موجود شناسایی و مشخصات آنها از طریق مکاتبه با سازندگان و مطالعه کاتالوگهای آنها استخراج گردید. در مرحله بعد کاتریج ها بر اساس شرایط استاندارد EN 14387:2004 و با استفاده از دستگاهی که به همین منظور طراحی و ساخته شد، مورد آزمون عبور آلاینده قرار گرفتند. بر طبق استاندارد از هر کدام از انواع کاتریج ها، ۳ نمونه آزمون گردید و میانگین زمان عبور آنها به عنوان زمان عبور آن کاتریج گزارش گردید. کلیه کاتریج های مورد استفاده دارای مدت اعتبار بوده و بدون هر گونه فرایند مقدماتی و در حالت "به محض دریافت" آزمون گردیدند.

لازم به ذکر است با توجه به هدف این مطالعه، صرفاً صافی های گروه A1 (مربوط به کاتریج های با ظرفیت پایین در ماسک های نیم صورت) مورد ارزیابی قرار گرفته اند. ضمناً کاتریج های که علاوه بر بخارهای آلی برای حذف آلاینده های دیگر نیز به کار می روند، با

و بیشترین طول عمر کارتریج های مورد بررسی به ترتیب ۲۹ و ۱۴۲ دقیقه می باشد. از بین ۱۰ نوع کارتریج مورد بررسی، طول عمر یک نوع از کارتریج ها از حداقل تعیین شده در استاندارد (۷۰ دقیقه) کمتر بوده است و بقیه ی کارتریج ها حداقل زمان عبور تعیین شده در استاندارد را برآورده کرده اند.

مقایسه میانگین طول عمر کارتریج ها با میزان ماده جاذب درون آنها نشان می دهد، به طور کلی با افزایش میزان ماده جاذب درون کارتریج، زمان عبور آلاینده از کارتریج افزایش می یابد.

## بحث

همانطور که در نمودار ۲ مشاهده می شود ۹۰ درصد کارتریج های مورد بررسی در این مطالعه حداقل زمان عبور استاندارد (۷۰ دقیقه) را داشتند که این یافته با نتایج مطالعه مرکز ایمنی و بهداشت کشور فیلیپین که در آن ۱۸ نوع کارتریج موجود در بازار این کشور با استفاده از ماده تراکلرید کربن مورد بررسی قرار گرفت، مشابه می باشد. (Occupational Safety and Health Center 2002).

همانطور که قبلا ذکر شد طول عمر کارتریج ماسک های تنفسی به طور مستقیم با میزان جاذب درون کارتریج متناسب است. در این مطالعه نیز مقایسه میانگین طول عمر کارتریج ها با میزان ماده جاذب درون آنها نشان می دهد، به طور کلی با افزایش میزان ماده جاذب درون کارتریج، زمان عبور آلاینده از کارتریج افزایش می یابد. به عنوان مثال مقایسه کارتریج شماره ۲ (ویژه بخارها آلی) و ۳ (ویژه بخارها آلی و اسید های گازی، امونیاک، متیل امین، فرمالدئید و هیدورژن فلوراید) که هر دو محصول یک سازنده می باشند، نشان می دهد، کارتریج شماره ۳، علی رغم داشتن حجم میکروپور کمتر (۰/۳۵ نسبت به ۰/۷۵ سانتی متر مکعب در هر گرم) به دلیل دارا بودن میزان جاذب بیشتر (۷۲ گرم نسبت به ۳۷ گرم)، طول عمر بیشتری نسبت به کارتریج شماره ۳ (۱۲۷ دقیقه نسبت به

نظیر دما، رطوبت و غلظت و حصول اطمینان از تثبیت شرایط شیر مسیر فرعی بسته و شیر مسیر اصلی باز می شد تا هوا از روی کارتریج عبور کند. مقادیر غلظت ماده سیکلو هگزان در بالادست و پایین دست کارتریج در فواصل زمانی ۵ دقیقه ای و با استفاده از دستگاه مجهز به دکتور یونیزاسیون نوری (Ion Sciences Co., UK) قرائت می گردید و زمانی که غلظت در پایین دست به ۱۰ پی پی ام می رسید (از زمان شروع عبور هوا از روی کارتریج) به عنوان زمان عبور آلاینده یا طول عمر کارتریج ثبت می گردید.

## نتایج

در نمودار ۱ توزیع انواع و تعداد کارتریج های ماسک های تنفسی که در صنایع پتروشیمی جهت حفاظت کارکنان در برابر بخارهای آلی به کار می روند، مشاهده می شود. لازم به ذکر است در این مطالعه از ذکر اسامی و مدل های کارتریج ها خودداری گردیده و برای هر کدام از کارتریج ها شماره ای اختصاص داده شده و نتایج بر حسب این شماره ها گزارش گردیده است.

همانطور که مشاهده می شود در یکسال گذشته در مجموع ۳۳۶۶ عدد کارتریج از انواع مختلف در شرکت های پتروشیمی مورد استفاده قرار گرفته است که مشخصات فنی هر کدام از آنها شامل وزن جاذب، حجم میکروپور کربن (Micropore Volume)، چگالی فله ی کربن (Sorbent Bulk Density)، قطر بستر جاذب و تعداد کارتریج در هر ماسک در جدول ۲ مشاهده می شود. لازم به ذکر است در مورد خانه های خالی جدول، اطلاعاتی از سوی سازنده ارائه نشده است. نتایج آزمون کارتریج ها: در جدول ۳ نتایج آزمون کارایی کارتریج ماسک های تنفسی مورد استفاده در صنایع پتروشیمی که با استفاده از دستگاه ساخته شده در این مطالعه و بر اساس شرایط ذکر شده در جدول ۱ مورد بررسی قرار گرفته اند، مشاهده می شود. همانطور که در این جدول و همچنین نمودار ۲ مشاهده می شود، کمترین

جاذب، حجم میکروپور کربن، دانسیته بالک جاذب و تعداد کاتریج در هر ماسک، نسبت به تخمین طول عمر با استفاده از شبیه سازی شرایط در آزمایشگاه و یا مدل های ریاضی ارائه شده در این زمینه اقدام نمود.

## نتیجه گیری

با توجه به تشخیص یک مورد کاتریج غیر استاندارد در این مطالعه و از آنجا که امکان ورود، توزیع و مصرف کاتریج های غیر استاندارد و فاقد کیفیت در کشور وجود دارد و از طرفی ممکن است کارایی کاتریج ها در حین فرایند جابجایی و نگهداری تحت تاثیر قرار گیرد، ضروری است ضمن اعمال نظارت های لازم، برنامه ای جهت حصول اطمینان از انطباق کارایی کاتریج ها با استاندارد های مربوطه از سوی نهادهای ذی ربط تدوین و اجرا گردد. بدین منظور پیشنهاد می شود، موسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران نسبت به تدوین استاندارد ملی در این زمینه اقدام نموده و مرکز تحقیقات و تعلیمات حفاظت و بهداشت کار همانند سایر تجهیزات حفاظت فردی، کاتریج های مورد استفاده در کشور را مورد آزمون و ارزیابی دوره ای قرار دهد.

محدودیت های مطالعه: همانطور که ذکر شد در این مطالعه به طور مقطعی تعداد ۳ عدد از هر نوع کاتریج موجود در شرکت های پتروشیمی مورد آزمون قرار گرفت. در مواردی که یک نوع کاتریج در چند شرکت مورد استفاده قرار می گرفت، نمونه ها فقط از یک شرکت انتخاب گردیدند. لذا ممکن است زمان عبور به دست آمده برای برخی از انواع کاتریج ها قابل تعمیم به همه کاتریج های مورد استفاده در کلیه شرکت های پتروشیمی (که از آن نوع کاتریج استفاده می کنند) نباشد. چرا که ممکن است کاتریج ها از نظر بچ (Batch) تولیدی و شرایط انتقال و نگهداری قبل از مصرف تحت تاثیر قرار گیرند.

به دلیل عدم ارایه ی مشخصات فنی کاتریج ها از سوی برخی از سازندگان، امکان تجزیه و تحلیل جزئی تر

لازم به ذکر است منظور از حجم میکروپور حجم کربن پر شده در فضا های ریز خالی در جاذب میباشد که ارتباط مستقیمی با کارایی کربن فعال در جذب ترکیبات آلی از هوا دارد ( Nelson and Correira 1976). با این حال دو برابر بودن میزان جاذب در کاتریج شماره ۲ سبب شده است میزان حجم میکروپور کربن در کاتریج شماره ۳ بیشتر و در نتیجه طول عمر بالاتری داشته باشد.

همانطور که در نمودار ۲ مشاهده می شود از بین ۱۰ نوع کاتریج آزمون شده که در شرکت های مختلف پتروشیمی مورد استفاده قرار می گیرند، فقط کاتریج شماره ۴ (با میانگین زمان عبور ۲۹ دقیقه) زمان عبوری کمتر از میزان استاندارد (۷۰ دقیقه) دارد. این نوع کاتریج نام مشابهی با کاتریج شماره ۵ دارد، ساخت یک کشور بوده و بدون هیچ گونه بسته بندی مناسب (و بعضاً بدون بسته بندی) و مشخصات سازنده، در بازار به فروش می رسد. اگر چه در حال حاضر این نوع کاتریج در حدود ۴/۵ درصد کل کاتریج های مصرفی شرکتهای پتروشیمی در طول یکسال گذشته را به خود اختصاص می دهد، ولی به سبب قیمت ارزانی که در مقایسه با سایر کاتریج ها دارد، ممکن است در آینده دارد به میزانی زیادی مورد توجه صنایع به ویژه در کارگاه های کوچک قرار گرفته و سلامت کارکنان استفاده کننده را در معرض خطر قرار دهد.

لازم به ذکر است استاندارد زمان عبور ذکر شده در استاندارد مذکور (۷۰ دقیقه)، صرفاً تحت شرایط آزمایشگاهی می باشد و این نتایج هیچگونه شاخصی از طول عمر کاتریج در شرایط واقعی محیط کار که در آنها کاتریج ها مورد استفاده قرار می گیرند ارایه نمی دهد. بدیهی است جهت تعیین طول عمر کاتریج ها در شرایط واقعی می بایست با توجه به شرایط هر محیط کار از نظر نوع و غلظت آلاینده ها، رطوبت و دمای محیط کار و نوع کار کارکنان (جهت تخمین جریان هوای تنفسی) و همچنین مشخصات کاتریج مورد استفاده شامل وزن

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 (HSE) شرکت ملی صنایع پتروشیمی و همچنین مرکز تحقیقات محیط زیست دانشگاه علوم پزشکی تهران تشکر و قدرانی می گردد.

نتایج و بررسی ارتباط کارایی آنها با مشخصات فنی مذکور در مطالعه فراهم نگردید.

به دلیل عدم دسترسی به سامانه های تنظیم دما و رطوبت پیشرفته نظیر دستگاه های Miller-Nelson، آزمون ها در ساعاتی از شبانه روز انجام می شدند که شرایط دمای مذکور رعایت گردد و همین مساله سبب طولانی شدن انجام آزمون ها و بعضاً انحراف اندک در شرایط دمایی می گردید.

### تشکر و قدردانی

این مقاله حاصل طرح تحقیقاتی تحت عنوان "بهینه سازی خواص نانو ساختارهای کربنی جهت حذف

جدول ۱: شرایط آزمون کارتریج ماسک های تنفسی نیم صورت بر اساس استاندارد EN 14387:2004

عامل آزمون	دما (درجه سانتی گراد)	رطوبت نسبی (درصد)	غلظت ورودی (پی پی ام)	غلظت خروجی (پی پی ام)	جریان هوای عبوری (لیتر بر دقیقه)	حداقل زمان عبور در شرایط آزمون (دقیقه)
سیکلوهگزان	۲۵±۲/۵	۷۰±۲	۱۰۰۰±۱۰	۱۰±۲۰	۱۵±۳	۷۰

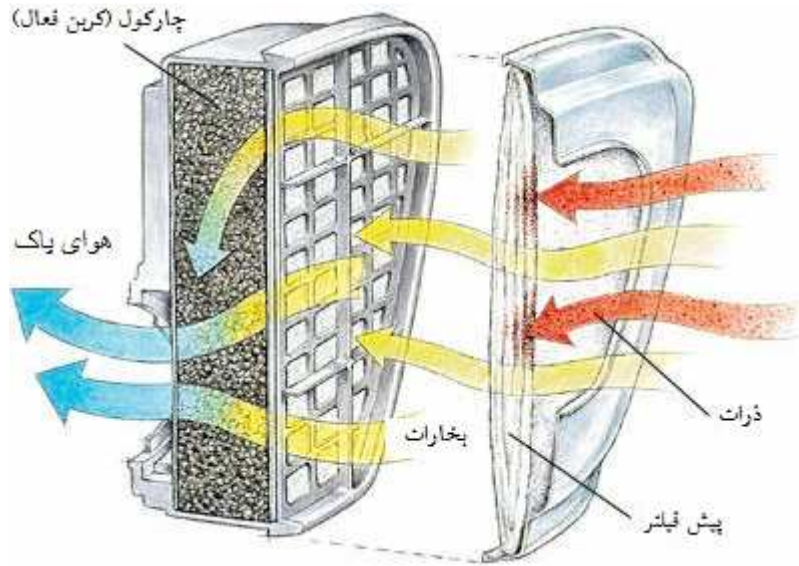
جدول ۲: مشخصات کاتریج های ماسک های تنفسی ویژه بخارهای آلی

شماره سازنده کاتریج	کاربرد	وزن جاذب (گرم)	حجم میکروپور کربن (سانتی متر مکعب بر گرم)	دانسیته بالک جاذب (گرم بر سانتی متر مکعب)	قطر بستر جاذب (سانتی متر)	تعداد کاتریج در هر ماسک
۱	بخارهای آلی و غیر آلی، اسید هیدرولیک، ازهای اسیدی، سولفور دی اکسید، امونیاک و بخارهای جیوه	۱۲۱				۲
۲	ویژه بخارهای آلی	۳۷	۰/۷۵	۰/۴	۷/۴	۲
۳	بخارهای آلی، اسید های گازی، امونیاک، متیل امین، فرمالدئید و هیدورژن فلوراید	۷۲	۰/۳۵	۰/۶۲	۷/۴	۲
۴	ویژه بخارهای آلی					۲
۵	ویژه بخارهای آلی					۲
۶	ویژه بخارهای آلی					۲
۷	ویژه بخارهای آلی	۱۰۱				۲
۸	بخارهای آلی و غیر آلی، گازهای اسیدی و امونیاک	۸۳/۴	۰/۶۰۴	۰/۴۴۴	۷/۵۲	۲
۹	ویژه بخارهای آلی	۹۰				۲
۱۰	ویژه بخارهای آلی	۳۶/۷				۲

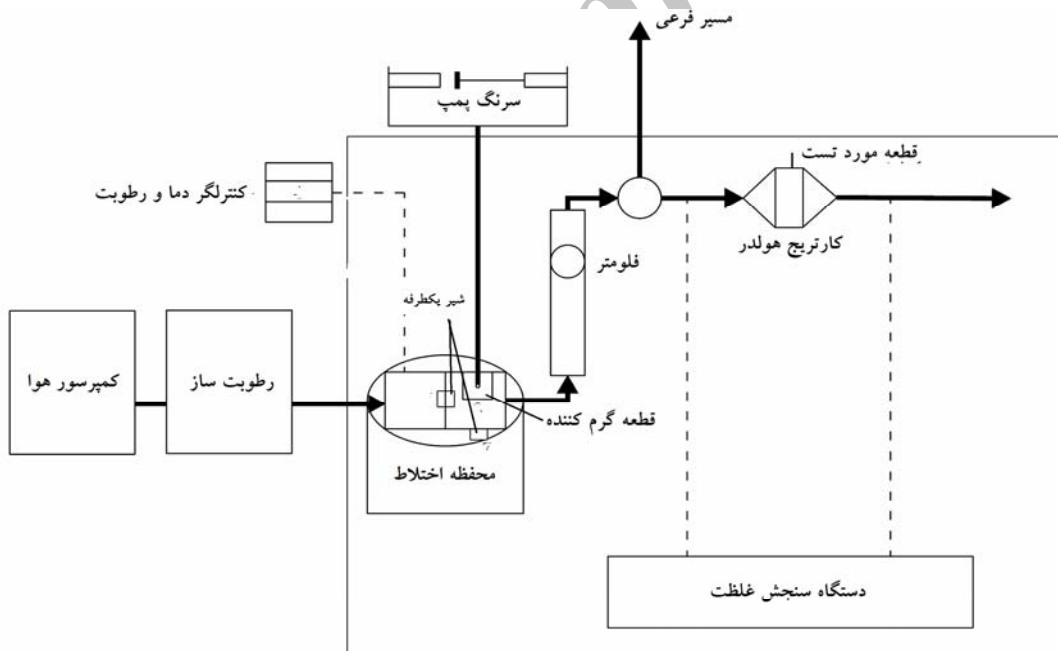
جدول ۳: نتایج آزمون کارایی کاتریج های ماسک های تنفسی ویژه بخارهای آلی

نام (شماره) سازنده کاتریج	جریان آزمون (لیتر بر دقیقه)	زمان عبور (دقیقه)	
		اندازه گیری (انحراف معیار ± میانگین)	استاندارد
۱	۱۵	۷۵±۴/۰۴	۷۰
۲	۱۵	۱۱۵±۶/۵۵	
۳	۱۵	۱۲۷±۴/۴۵	
۴	۱۵	۲۹±۳/۱۴	
۵	۱۵	۸۰/۵۰±۲/۰۵	
۶	۱۵	۱۱۴±۴/۵۰	
۷	۱۵	۱۴۲±۸/۰۴	
۸	۱۵	۱۳۵±۵/۰۵	
۹	۱۵	۹۴±۴/۴۵	
۱۰	۱۵	۱۰۲/۹±۶/۴۰	



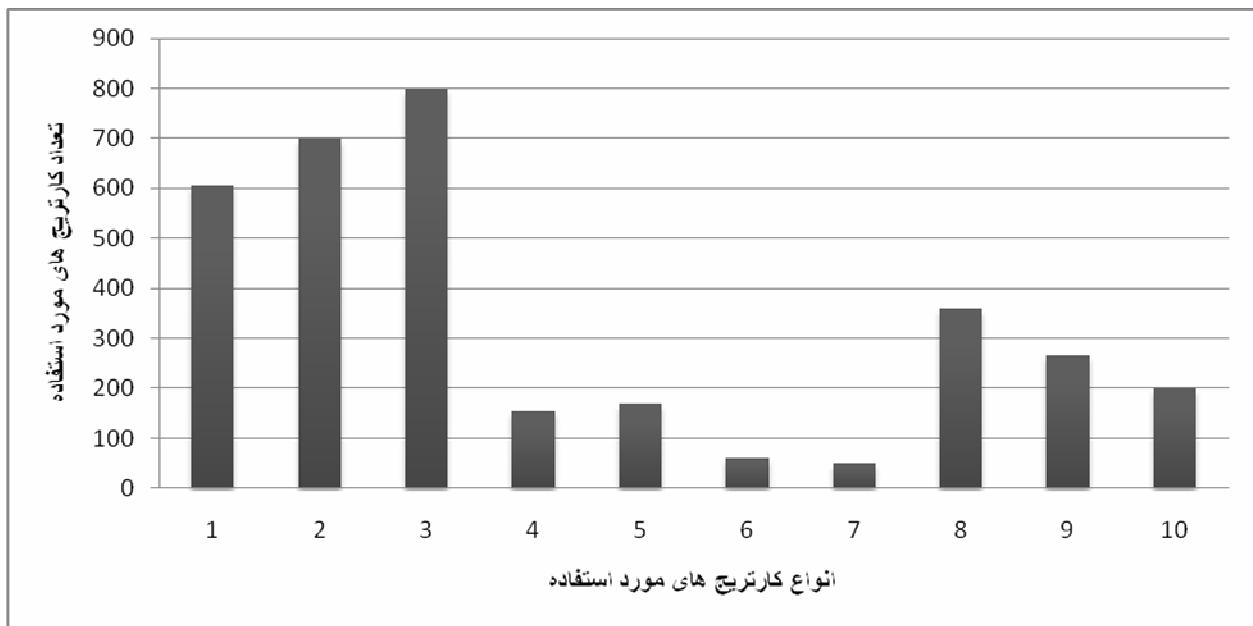


شکل ۱- تصویر شماتیک کارتریج ماسک تنفسی (DIYInfo 2007)

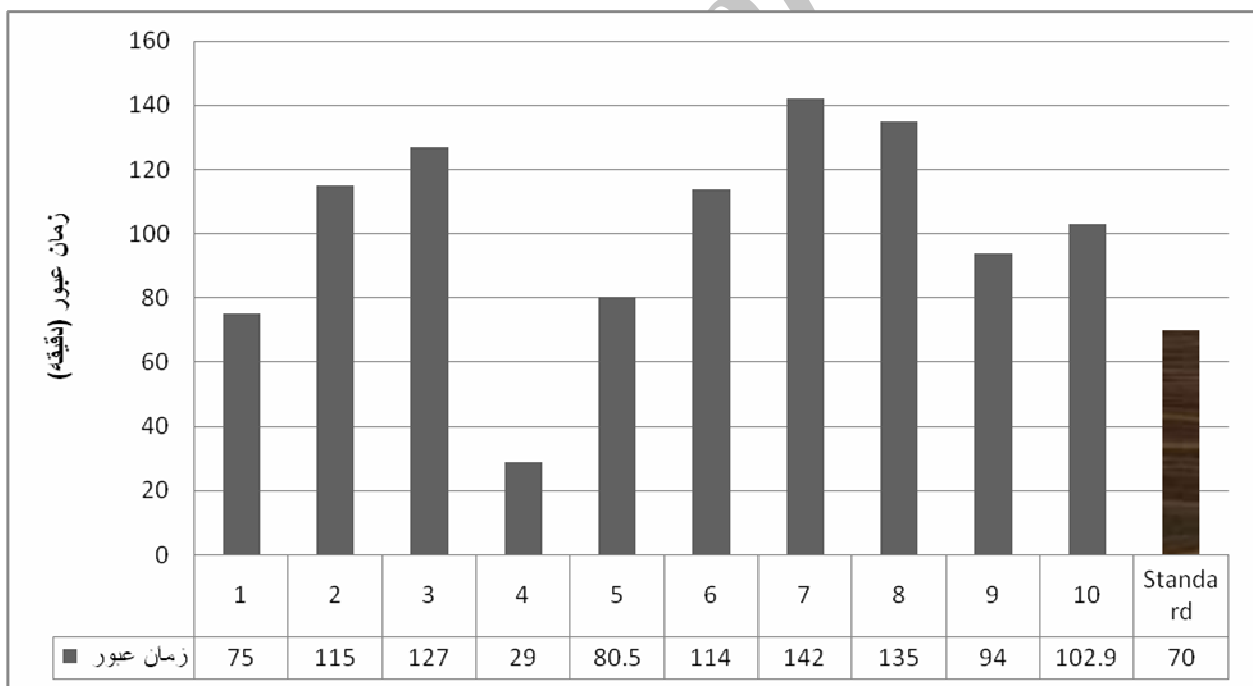


شکل ۲- شمای دستگاه ساخته شده برای اندازه گیری کارایی ماسک های تنفسی





نمودار ۱- انواع و تعداد کارتریج های مورد استفاده در شرکتهای پتروشیمی



نمودار ۲- مقایسه زمان عبور آلاینده (طول عمر) کارتریج های مورد بررسی در مقایسه با میزان استاندارد.

## References

- ACGIH., 2010. TLVs and BEIs. Threshold limit values for chemical substances and biological exposure indices. Cincinnati, U.S.A, American Industrial Hygiene Association.
- ASTM., 1994. Standard Test Method for Carbon Tetrachloride Activity of Activated carbon. D3467-94.
- CFR., 2009. Approval of respiratory protective devices, 42CFR84, Available from: <http://www.gpoaccess.gov/CFR>.
- DIYInfo., 2007. Not all respirators provide the same protection against harmful vapors. Available from: [http://www.diyinfo.org/wiki/All\\_About\\_Respirators](http://www.diyinfo.org/wiki/All_About_Respirators).
- EHC., 1999. Carbon Tetrachloride. Available from: <http://www.inchem.org/documents/ehc/ehc/ehc208.htm>.
- EN141., 2004. Respiratory Protective Device-Gas filters and combined filters-Requirement, testing, marking, B.S. Standard.
- Furuse, M., Kanno, S., Takano, T. and Matsu, Y., 2001. Cyclohexane as an Alternative Vapor of Carbon Tetrachloride for the Assessment of Gas Removing Capacities of Gas Masks, 1-7. *Industrial Health*, **39**, pp: 1-7.
- Nelson, G.O. and Correia, A.N., 1976. Respirator cartridge efficiency studies: VIII. summary and conclusions. *American Industrial Hygiene Association Journal*, **37**(9), pp: 514 - 525.
- Occupational Safety and Health Center., 2002. Performance Efficiency of Respirator's Chemical Cartridges Available in the Philippine Market. Available from: <http://www.oshc.dole.gov.ph/151/Performance-Efficiency-of-Respirator>.
- OSHA., 1998. Respiratory Protection. 29 CFR- 1910.134.
- Wood, G.O., 1994. Estimating Service Lives of Organic Vapor Cartridges. *American Industrial Hygiene Association Journal*, **55**(1), pp: 11 - 15.