DOI: 10.22122/jhsr.v14i1.3220 Published by Vesnu Publications

بررسی عملکرد ماسک‌های تنفسی مورد استفاده شاغلان نسوزکاری در کنترل مواجهه با آلاینده‌های ذره‌ای در یک صنعت تولید فولاد

منصور زارع[1]، مسعود ریسمانچیان[2]

مقاله پژوهشی

چکیده

مقدمه: یکی از عوامل زیان‌آور در بعضی از محیط‌های کاری، گرد و غبار است. استفاده از ماسک‌های تصفیه کننده هوا نمونه‌ای از راه‌های کاهش مواجهه در محیط پر گرد و غبار می‌باشد. بنابراین، هدف از انجام مطالعه حاضر، بررسی عملکرد ماسک‌های تنفسی مورد استفاده در شاغلان نسوزکاری در کنترل مواجهه با آلاینده‌های ذره‌ای بود.

روش‌ها: در این مطالعه عملکرد سه نوع ماسک در برابر آلاینده‌های ذره‌ای مورد ارزیابی قرار گرفت. جهت بررسی عملکرد، در حین کار فرد و به طور همزمان غلظت آلاینده در هوای خارج ماسک و هوای داخل ماسک اندازه‌گیری شد و سپس، درصد کارایی و درصد نفوذ ماسک محاسبه گردید.

یافته‌ها: میانگین درصد نفوذ در ماسک FFP3 بیشتر از دو نوع FFP2 و نیم صورت الاستومری با فیلتر P100 برآورد گردید. بررسی کارایی دو نوع ماسک FFP3 و FFP2 برحسب طول زمان مصرف نشان داد که طی چند ساعت اول مصرف، کارایی کاهش و سپس افزایش یافت.

نتیجه‌گیری: با افزایش مقاومت سطح فیلتر میزان عبور جریان هوا از فضای بین ماسک و صورت افزایش می‌یابد که در نتیجه کارایی ماسک کم می‌شود. بنابراین، مقاومت سطح ماسک و نفوذ هوا از فضای خالی بین صورت فرد و ماسک فاکتور اصلی در تعیین کارایی ماسک می‌باشد.

واژه‌های کلیدی: آلاینده‌های ذره‌ای، ماسک تنفسی تصفیه کننده هوا FFP2، ماسک تنفسی تصفیه کننده هوا FFP3، ماسک نیم صورت الاستومری، نفوذ

ارجاع: زارع منصور، ریسمانچیان مسعود. **بررسی عملکرد ماسک‌های تنفسی مورد استفاده شاغلان نسوزکاری در کنترل مواجهه با آلاینده‌های ذره‌ای در یک صنعت تولید فولاد.** مجله تحقیقات نظام سلامت ۱۳۹۷؛ ۱۴ (۱): ۱۱۳-۱۰۷

دریافت مقاله: ۱۳۹۶/۵/۱۴ پذیرش مقاله: ۱۳۹۶/۷/۱۰ تاریخ چاپ: ۱۳۹۷/۱/۱۵

مقدمه

هر روزه میلیون‌ها نفر در محیط‌های پر گرد و غبار در حال کار کردن هستند (۱). یکی از صنایعی که کارگران در مواجهه با گرد و غبار هستند، واحد نسوزکاری صنایع فولاد می‌باشد. در صنایع فولاد جهت جلوگیری از اثر مخرب حرارت بالای مواد مذاب، بدنه کوره‌ها و پاتیل‌های ذوب را به وسیله مواد دیرگداز عایق می‌کنند. مواد نسوز و یا دیرگداز اغلب به مواد غیر فلزی گفته می‌شود که در دماهای بالا پایدار می‌باشد. این مواد در شکل‌های مختلف مورد استفاده قرار می‌گیرد که متداول‌ترین آن‌ها آجرهای نسوز و مواد عایق یا الیاف نسوز می‌باشد (۲). آجرهای نسوز که اغلب از خاک نسوز ساخته شده و آسیب شغلی در حین کار با این آجرها استنشاق گرد و غبار حاصل از تخریب آن‌ها در زمان تعمیر یا تعویض بدنه نسوز کوره‌های ذوب است. مطالعات نشان می‌دهد که افراد درگیر کار آجرهای نسوز در خطر مواجهه با سیلیس آزاد می‌باشند (۵-۳). مواجهه با کریستال‌های سیلیکا در هر دو شکل قابل استنشاق و غیر قابل استنشاق باعث اثرات سوء بر سلامت می‌شود (۶). آژانس بین‌المللی تحقیقات سرطان در سال ۱۹۹۷ بر اساس وجود شواهد کافی در ارتباط با سرطان‌زایی، سیلیس کریستالی را در گروه یک، به عنوان سرطان‌زای قطعی برای انسان طبقه‌بندی کرده است (۷). حد آستانه مجاز مواجهه شغلی مرکز سلامت محیط و کار ایران در سال ۱۳۹۴ و کنفرانس آمریکایی بهداشت صنعتی دولتی (National Institute for Occupational Safety and Health) NIOSH برای گرد و غبار کلی تنفسی با فرض محتوی سیلیس کریستالی کمتر از یک درصد $۳mg/m^3$ اعلام شده است (۸). مواجهه شغلی با سیلیس کریستالی تنفسی منجر به بیماری‌هایی از جمله بیماری‌های کلیوی، سیستم ایمنی، برونشیت مزمن، آمفیزم، سیلیکوزیس و سرطان ریه می‌گردد (۹). کارکرد اصلی رشته بهداشت حرفه‌ای، تأمین سلامت شاغلان در محیط‌های کاری می‌باشد که یکی از ابزار این عملکرد به نام کنترل عوامل زیان‌آور محیط کار شناخته شده است. کنترل عوامل زیان‌آور محیط کار می‌تواند در حوزه کنترل‌های مهندسی و کنترل‌های مدیریتی مطرح شود. اگر این روش‌ها نتواند غلظت مواجهه را به زیر حد مجاز برساند، از وسایل حفاظت فردی به عنوان تنها راه عملی استفاده خواهد شد. ماسک‌های تصفیه کننده هوا به طور متداول برای حفاظت افراد در برابر مواجهه با آئروسل‌های قابل تنفس کاربرد دارد. با توجه به بررسی‌های انجام شده در ایالات متحده آمریکا ۹۵ درصد کارگران از تجهیزات تصفیه هوا استفاده می‌کنند. مؤسسه ملی ایمنی و بهداشت شغلی آمریکا در سال ۲۰۱۳ تخمین می‌زند که روزانه ۲۰ میلیون کارگر آمریکایی جهت کاهش مواجهه با هوابردهای خطرناک از ماسک تنفسی استفاده می‌کنند (۱۰). نگرانی اصلی در استفاده از

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد، کمیته تحقیقات دانشجویی و گروه بهداشت حرفه‌ای، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی اصفهان، اصفهان، ایران
۲- استادیار، گروه بهداشت حرفه‌ای، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی اصفهان، اصفهان، ایران
نویسنده مسؤول: مسعود ریسمانچیان Email: rismanchian@hlth.mui.ac.ir

[Downloaded from hsr.mui.ac.ir on 2026-10-30]
[DOR: 20.1001.1.17352363.1397.14.1.19.9]
[DOI: 10.22122/jhsr.v14i1.3220]

ماسک‌های تنفسی، عدم اطمینان از عملکرد توصیه شده توسط شرکت سازنده می‌باشد. He و همکاران اثر نشتی اطراف صورت، جریان تنفسی و ترکیب مواد احتراقی را بر میزان نفوذ ذرات در ماسک‌های نیم صورت و تمام صورت با فیلتر P100 مورد بررسی قرار دادند. نتایج نشان داد که ترکیبات مواد احتراقی نشتی اطراف صورت اثر قابل توجهی بر میزان نفوذ دارد (۱۱). نتایج مطالعه Rengasamy و Eimer با موضوع میزان نفوذ ذرات در دو نوع ماسک N95 و یک ماسک جراحی نشان داد که مقاومت سطح ماسک و نشتی اطراف صورت دو عامل مهم در تعیین کارایی ماسک می‌باشد (۱۲). متأسفانه، تا به حال مطالعات محدودی در مورد کارایی ماسک‌های تنفسی در سطح کشور انجام شده است که هیچ کدام از این مطالعات کارایی ماسک‌های تنفسی را در برابر آلاینده‌های ذره‌ای بررسی نکرده است (۱۴، ۱۳). به همین دلیل، کارایی سه نوع از ماسک‌های تنفسی مخصوص آلاینده‌های ذره‌ای مورد بررسی قرار گرفت. بنابراین، هدف از انجام مطالعه حاضر، بررسی عملکرد ماسک‌های تنفسی مورد استفاده در شاغلان نسوزکاری در کنترل مواجهه با ذرات کل و قابل استنشاق در یک صنعت تولید فولاد بود.

روش‌ها

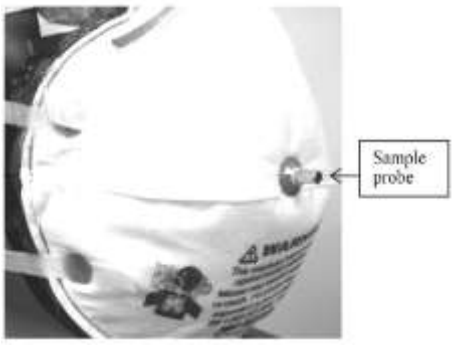
مطالعه حاضر از نوع تجربی بوده که روی ۳ نوع ماسک هر کدام با ۱۵ بار تکرار نمونه‌برداری انجام شد. سه نوع ماسک FFP3(APOLO)، FFP2(3MAX) و نیم صورت الاستومری 3M با فیلتر P100 که به ترتیب با حروف A، B و C نشان داده می‌شود، مورد ارزیابی قرار گرفت. جهت بررسی کارایی ماسک غلظت آلاینده در هوای خارج ماسک و غلظت آلاینده در هوای داخل ماسک در حین کار فرد و به طور همزمان اندازه‌گیری شد؛ به طوری که جهت نمونه‌برداری از خارج ماسک همانند نمونه‌برداری فردی هولدر نمونه‌برداری در ناحیه تنفسی فرد قرار داده شد (۱۵، ۱۱). جهت نمونه‌برداری از داخل ماسک یک سوراخ با قطر ۸/۱ میلی‌متر در ناحیه بین بینی و دهان کارگر بر روی قطعه صورتی ماسک‌ها ایجاد گردید (۱۶). مطابق شکل ۱ برای نمونه‌برداری از داخل ماسک قسمت ورودی هولدر نمونه‌برداری به سوراخ ایجاد شده بر روی ماسک، متصل و قسمت خروجی هولدر به پمپ نمونه‌بردار فردی وصل شد.

نمونه‌برداری ذرات کل طبق متد ۵۰۰۰ مؤسسه ملی ایمنی و بهداشت شغلی آمریکا انجام گرفت (۱۷). برای نمونه‌برداری از فیلتر نوع PVC با قطر ۳۷ میلی‌متر و پور سایز ۵ میکرومتر و پمپ نمونه‌برداری فردی (SKC مدل 224-44TX) استفاده گردید. نمونه‌ها به روش گراویمتری (ترازوی مدل Quintix 224 با دقت ۰/۱ میلی‌گرم) آنالیز شد.

نمونه‌برداری ذرات قابل استنشاق مطابق متد ۰۶۰۰ مؤسسه ملی ایمنی و بهداشت شغلی آمریکا انجام شد؛ به طوری که از سیکلون، فیلتر PVC با پور سایز ۵ میکرومتر و پمپ نمونه‌برداری فردی (SKC مدل 224-44TX) استفاده گردید (۱۸). فلوی نمونه‌برداری مطابق متد برابر با ۲/۲ لیتر بر دقیقه انتخاب شد. نمونه‌ها به روش گراویمتری (ترازو مدل Quintix 224 با دقت ۰/۱ میلی‌گرم) آنالیز شد.

رابطه ۱ روش محاسبه میزان نفوذ (Penetration) آلاینده از ماسک را نشان می‌دهد. (C_{out}) غلظت آلاینده در هوای خارج ماسک و (C_{in}) غلظت آلاینده در هوای داخل ماسک است که به صورت همزمان اندازه‌گیری شده است (۱۹).

$$P(\%)=\frac{C_{in}}{C_{out}} \times ۱۰۰ \qquad (۱)$$



الف



ب

شکل ۱. ماسک نمونه‌برداری پس از ایجاد سوراخ جهت نمونه‌برداری داخلی (الف) و نمونه‌برداری از داخل و خارج ماسک حین کار فرد (ب)

جهت بررسی میزان کارایی ماسک تنفسی از رابطه ۲ استفاده گردید (۲۰).

$$\text{Efficiency}(\%) = \frac{C_{out}-C_{in}}{C_{out}} \times ۱۰۰ \qquad (۲)$$

یافته‌ها

مطالعه حاضر با هدف بررسی عملکرد ماسک‌های تنفسی مورد استفاده در شاغلان نسوزکار حین تخریب موارد نسوز در یک کارخانه تولید فولاد انجام شد که نتایج مطالعه در بخش‌های زیر ارایه شده است.

میزان نفوذ و کارایی در برابر آلاینده‌های ذره‌ای: دامنه، میانگین و انحراف معیار درصد میزان نفوذ ذرات کل (Total particle) و ذرات قابل استنشاق (Respirable particle) را برای سه نوع ماسک A، B و C در جدول ۱ نشان داده شده است؛ به طوری که ماسک نوع A بیشترین میزان نفوذ را در برابر ذرات کل و قابل استنشاق دارا بود و ماسک B و C به ترتیب در رتبه‌های بعدی قرار گرفت.

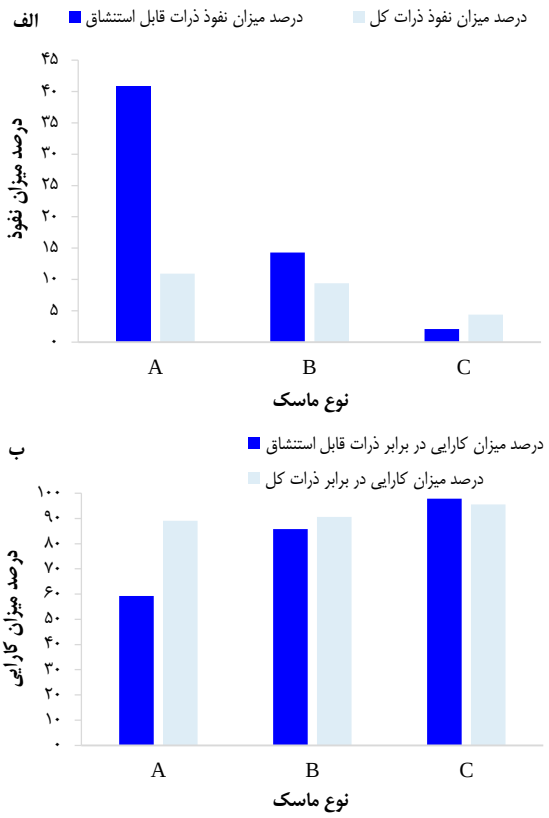
[Downloaded from hsr.mui.ac.ir on 2026-10-30]
[DOR: 20.1001.1.17352363.1397.14.1.19.9]
[DOI: 10.22122/jhsr.v14i1.3220]

جدول ۱. درصد میزان نفوذ ذرات کل و ذرات قابل استنشاق در سه نوع ماسک A، B و C

پارامتر	نوع ماسک	دامنه (درصد)	میانگین (درصد) ± انحراف معیار
درصد میزان نفوذ ذرات کل	ماسک A	۲/۲۲–۲۷/۶۹	۸/۴۳ ± ۱۰/۹۲
	ماسک B	۲/۰۲–۵۱/۸۷	۱۴/۸۶ ± ۹/۴۰
	ماسک C	۰–۲۵/۲۱	۸/۶۶ ± ۴/۳۷
درصد میزان نفوذ ذرات قابل استنشاق	ماسک A	۱۰/۹۶–۵۵/۵۲	۱۷/۳۷ ± ۴۰/۷۶
	ماسک B	۰–۵۰/۳۷	۱۵/۶۴ ± ۱۴/۲۹
	ماسک C	۰–۹/۷۱	۳/۳۶ ± ۲/۰۷

ماسک A: FFP2(3MAX)، ماسک B: FFP3 (APOLO)، ماسک C: نیم صورت 3M با فیلتر P100

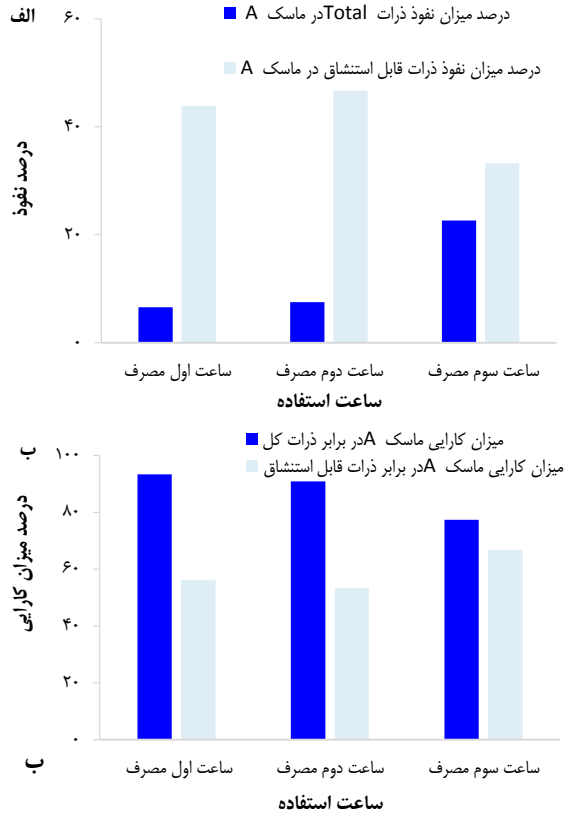
میزان نفوذ و میزان کارایی سه نوع ماسک A، B و C در برابر ذرات کل و قابل استنشاق در شکل ۲ نشان داده شده است.



شکل ۲. درصد میزان نفوذ (الف) و کارایی (ب) سه نوع ماسک A، B و C در برابر ذرات قابل استنشاق و ذرات کل

ماسک A: FFP2(3MAX)، ماسک B: FFP3 (APOLO)، ماسک C: نیم صورت 3M با فیلتر P100

میزان نفوذ و کارایی برحسب مدت زمان استفاده: با توجه به این که عملکرد ماسک در طول مصرف ممکن است که تغییر یابد، جهت میزان تأثیر زمان مصرف بر عملکرد ماسک، میزان نفوذ و کارایی ماسک نوع A و B در برابر ذرات کل و قابل استنشاق بررسی گردید. درصد نفوذ و درصد کارایی ماسک نوع A و B برحسب زمان مصرف در شکل ۳ و ۴ نشان داده شده است.



شکل ۳. درصد میزان نفوذ ذرات قابل استنشاق و کل در ماسک نوع A (الف)، درصد میزان کارایی ماسک نوع A در برابر ذرات قابل استنشاق و کل (ب) بر حسب زمان مصرف

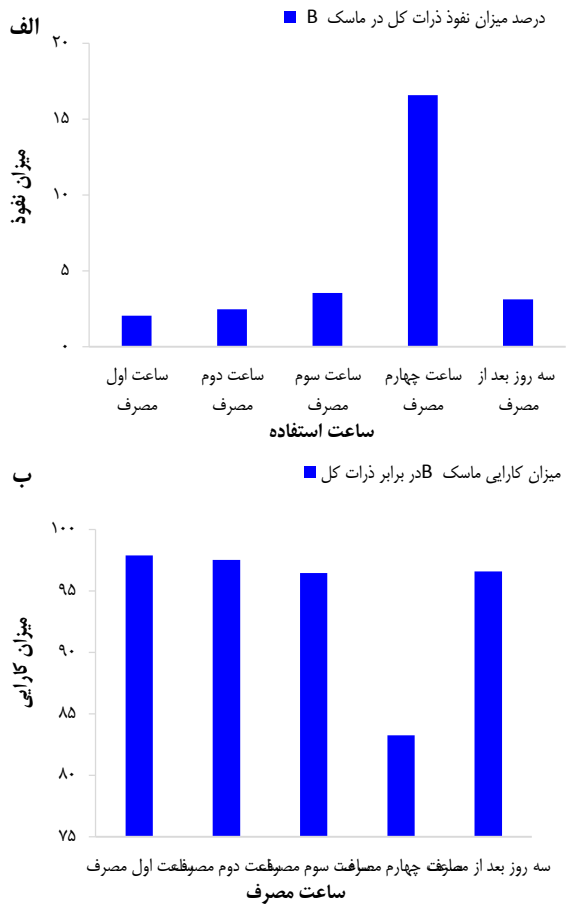
ماسک A: FFP2(3MAX)، ماسک B: FFP3 (APOLO)، ماسک C: نیم صورت 3M با فیلتر P100

بحث

در مطالعه حاضر از دو ماسک FFP3 (A)، FFP2 (B) و یک ماسک نیم

[Downloaded from hsr.mui.ac.ir on 2026-10-30]
[DOR: 20.1001.1.17352363.1397.14.1.19.9]
[DOI: 10.22122/jhsr.v14i1.3220]

صورت الاستومری با فیلتر P100 (C) استفاده شد. همان طور کـه در جـدول ۱ مشاهده می‌شود، میانگین نفوذ ذرات کل قابل استنشـاق در ماسـک A بیشـتر از ماسک B بود، اما نکته قابل توجه این است، بر خلاف این که ماسک نـوع A از نوع FFP3 بوده و باید کارایی بالاتری نسـبت بـه ماسـک نـوع B کـه از نـوع FFP2 است، داشته باشد، اما میزان نفوذ ذرات کل و قابل استنشـاق در ماسـک A بیشتر از ماسک B به دست آمد.



شکل ۴. درصد میزان نفوذ ذرات کل در ماسک نوع B (الف) و درصد میزان کارایی ماسک نوع B در برابر ذرات کل (ب) برحسب زمان مصرف

این می‌تواند تا حدودی به وسیله مقاومـت سـطح ماسـک در برابـر جریـان هوای ورودی توضیح داده شود. نتایج مطالعه‌ای نشان داد که سطح ماسک‌هـای FFP3 مقاومت بیشتری نسبت بـه ماسـک‌هـای FFP2 دارد (۱۲). بـه همـین دلیل، انتظار می‌رود که هوای جریان یافته از بدنه هر دو مدل ماسـک بـه دلیـل تفاوت در مقاومت آن‌ها متفاوت باشد. ارتباط بین مقاومت و سرعت جریان هوای عبوری طبق رابطه ۳ می‌باشد (۱۲):

$$\text{مقاومت} = \frac{\text{افت فشار}}{\text{سرعت}} \qquad (۳)$$

در حالی که

$$\text{سرعت} = \frac{\text{جریان هوا}}{\text{مساحت}} \qquad (۴)$$

با توجه به دو رابطه ۳ و ۴ مقاومت برابر با

$$\text{مساحت} = \frac{\text{مساحت} \times \text{افت فشار}}{\text{جریان هوا}} \qquad (۵)$$

با توجه به این که هر دو ماسک به طـور تقریبـی دارای مسـاحت یکسـانی است، در نتیجه نسبت مقاومت دو فیلتر برابر با

$$\text{مقاومت} = \frac{\text{افت فشار}}{\text{جریان هوا}} \qquad (۶)$$

خواهد بود. نتایج مطالعه‌ای در شرایط مهر و موم کامل فضای بـین اطـراف ماسک و صورت فرد، نشان داد که ماسک با مقاومت سطحی بیشـتر نسـبت بـه ماسک با مقاومت سطحی کمتر کارایی بالاتری دارد، اما در شرایط عـدم مهـر و موم و در سایز نشتی مختلف کارایی ماسک با مقاومت سـطحی کمتـر، بیشـتر از کارایی ماسک با مقاومت سطحی بیشـتر اسـت (۱۲). همچنـین، نتـایج مطالعـه Rengasamy و همکاران نشان داد که میزان نفوذ در دو مدل ماسک N95 بـا کارایی پایین (M1 و M3) بزرگتر از مـدل بـا کـارایی بـالا (M3) اسـت (۲۱). مطالعه Nelson و Colton نشان داد کـه افـزایش مقاومـت سـطحی ماسـک تنفسی باعث ایجاد فضای نشتی بیشتر بین ماسک و صورت فرد مـی‌شـود (۲۲). همچنین، ارتباط معکوس بین مقاومت و جریان هوا در رابطه ۶ نشان می‌دهد که درصد جریان هوای کلی عبوری از فیلتر با مقامـت کمتـر (ماسـک B) بیشـتر از جریان هوای عبوری از فیلتر با مقاومت بزرگتر (ماسک A) است. مقاومت سـطح فیلتر در برابر جریان هوا درصد بیشتری از هوا را برای عبـور از فضـای بـاز بـین صورت فرد و اطراف ماسک سوق می‌دهد. بنابراین، سطح فیلتر با مقاومت کمتـر می‌تواند ذرات بیشتری را نسبت به سطح فیلتر با مقامت بیشـتر گیـر بینـدازد. بـا توجه به این که هوای عبوری از اطراف ماسک دارای غلظت بالایی از آلاینده‌هـا (غلظت برابر با غلظت هوای خارج ماسک) است، پس هر چقدر درصد عبـور هـوا از کناره‌های ماسک بیشتر باشد، غلظت آلاینده در هوای داخلی ماسـک افـزایش یافته و درصد نفوذ بالاتر خواهد بود. نتایج برخی مطالعـات همسـو بـا نتـایج بـه دست آمده از مطالعه حاضر است (۲۲، ۲۱، ۱۲).

مطابق جدول ۱، میزان نفوذ ذرات کـل و ذرات قابـل استنشـاق در ماسـک نوع C که یک ماسک نیم صورت الاسـتومری اسـت، بـه ترتیـب برابـر ۴/۳۷ و ۲/۰۷ درصد بـود. اداره ایمنـی و بهداشـت شـغلی آمریکـا درصـد نفـوذ را بـرای فیلترهای P100 تحت جریان هوای ثابت با دبـی ۸۵ لیتـر بـر دقیقـه، کمتـر از ۰/۰۳ درصد بیان می‌کند (۲۳). مطالعه انجام‌شده توسـط He و همکـاران نشـان داد که میزان نفوذ در حالتی که فضای بین ماسک و صورت به طور کامل مهر و مـوم شـده اسـت، کمتـر از ۰/۰۳ درصـد بیـان شـده توسـط NIOSH برای فیلتر P100 می‌باشد، اما میزان نفوذ برای حالتی که فضای بین ماسـک و صورت مانکن بدون مهر و موم است، برابر با ۱۰/۳ درصد بـرای جریـان هـوای چرخان ۳۰ لیتر بر دقیقه (میـزان جریـان هـوای تنفسـی دربـار کـاری متوسـط) می‌باشد (۱۱). نتایج مطالعه He و همکاران همسو بـا نتـایج بـه دسـت آمـده از مطالعه حاضر است (۱۱). مطابق شکل ۲ ب، ماسک A کمترین میزان کـارایی و ماسک C بیشترین میزان کارایی را در برابر ذرات کل و قابـل استنشـاق داشـت،

[Downloaded from hsr.mui.ac.ir on 2026-10-30]
[DOR: 20.1001.1.17352363.1397.14.1.19.9]
[DOI: 10.22122/jhsr.v14i1.3220]

اما نکته قابل توجه کارایی پایین ماسک A نسبت به ماسک B و کارایی خیلی پایین ماسک A در برابر ذرات قابل استنشاق بود. انتظار می‌رود که عملکرد ماسک‌ها باگذشت زمان مصرف دچار تغییر شود. بنابراین، میزان نفوذ و کارایی دو ماسک A و B در طول زمان مصرف مورد ارزیابی قرار گرفت. مطابق شکل ۳ الف، میزان نفوذ ذرات در طول زمان مصرف افزایش‌یافته؛ به طوری که میزان نفوذ از ۶/۵۶ درصد در ساعت اول استفاده به ۲۲/۶۶ درصد در ساعت سوم مصرف رسید. در نتیجه، مطابق شکل ۳ ب، کارایی در طول مصرف کاهش یافت. مطابق شکل ۳ الف، میزان نفوذ ذرات قابل استنشاق در ساعت اول (۴۳/۸۶ درصد) و دوم مصرف (۴۶/۷۵ درصد) افزایش یافته، ولی در ساعت سوم (۳۳/۲۴ درصد) اندکی کاهش یافته است. نویسنده احتمال می‌دهد که دلیل کاهش میزان نفوذ ذرات در ساعت سوم مصرف ماسک، اشباع شدن سطح فیلتر و یا جفت شدن بهتر ماسک به صورت فرد به دلیل از بین رفتن خشکی ماسک باشد. مطابق شکل ۳ ب، میزان کارایی در برابر ذرات قابل استنشاق در طول مصرف تا ساعت دوم کاهش و از ساعت دوم به بعد افزایش می‌یابد. مطابق شکل۴ الف میزان نفوذ ذرات کل در ماسک B در طول مصرف افزایش یافته و از ۲/۰۵ درصد در ساعت اول به میزان ۱۶/۵۹ درصد در ساعت چهارم رسیده است. کارگران این واحد هر روز پس از اتمام کار ماسک را شسته و روز بعد دوباره استفاده می‌کردند. نکته قابل توجه میزان نفوذ ۳/۱۳ درصد سه روز بعد از استفاده می‌باشد. این احتمال وجود دارد که در اثر شسته شدن ماسک، ساختار الیاف داخل ماسک تغییر پیدا کرده و یا به دلیل شسته شدن، ماسک حالت خشکی خود را از دست داده و باعث شده ماسک بهتر بر روی صورت فرد بنشیند که در اثر آن میزان نفوذ ذرات از اطراف ماسک کاهش یافته است.

نتیجه‌گیری

به عنوان نتیجه کلی می‌توان بیان کرد که نشت هوا از اطراف به داخل ماسک به دلیل فیت نشدن مناسب ماسک با صورت فرد است که می‌تواند عامل اصلی عدم کارایی مناسب ماسک باشد. به همین دلیل، نیاز است تا ماسکی طراحی شود که مناسب با آنتروپومتری صورت کارگران ایرانی باشد.

تشکر و قدردانی

مطالعه حاضر برگرفته از پایان‌نامه کارشناسی ارشد با شماره ۳۹۴۱۰۳۸ مصوب معاونت پژوهشی و فن‌آوری دانشگاه علوم پزشکی اصفهان می‌باشد. بدین وسیله، از معاونت مذکور که در انجام پژوهش همکاری نمودند، تشکر و قدردانی به عمل می‌آید.

References

1. Johncy SS, Ajay K, Dhanyakumar G, Raj NP, Samuel TV. Dust exposure and lung function impairment in construction workers. J Physiol 2011; 24(1): 9-13.
2. Peters GA, Peters BJ. Sourcebook on asbestos diseases: Medical, legal, and engineering aspects. New York, NY: Garland STPM Press; 1980.
3. Chien VC, Chai SK, Hai DN, Takaro T, Checkoway H, Keifer M, et al. Pneumoconiosis among workers in a Vietnamese refractory brick facility. Am J Ind Med 2002; 42(5): 397-402.
4. Rajhans GS, Budlovsky J. Dust conditions in brick plants of Ontario. Am Ind Hyg Assoc J 1972; 33(4): 258-68.
5. Lesser M, Zia M, Kilburn KH. Silicosis in kaolin workers and firebrick makers. South Med J 1978; 71(10): 1242-6.
6. Rosenman KD, Reilly MJ, Rice C, Hertzberg V, Tseng CY, Anderson HA. Silicosis among foundry workers. Implication for the need to revise the OSHA standard. Am J Epidemiol 1996; 144(9): 890-900.
7. Steenland K, Mannetje A, Boffetta P, Stayner L, Attfield M, Chen J, et al. Pooled exposure-response analyses and risk assessment for lung cancer in 10 cohorts of silica-exposed workers: An IARC multicentre study. Cancer Causes Control 2001; 12(9): 773-84.
8. Tavakol E, Rezazadeh Azari M, Salehpour S, Khodakarim S. Determination of construction workers' exposure to respirable crystalline silica and respirable dust. J Saf Promot Inj Prev 2016; 3(4): 263-70.
9. Arndt V, Rothenbacher D, Daniel U, Zschenderlein B, Schuberth S, Brenner H. All-cause and cause specific mortality in a cohort of 20 000 construction workers; results from a 10 year follow up. Occup Environ Med 2004; 61(5): 419-25.
10. Gao S, Kim J, Yermakov M, Elmashae Y, He X, Reponen T, et al. Performance of N95 FFRs against combustion and nacl aerosols in dry and moderately humid air: Manikin-based study. Ann Occup Hyg 2016; 60(6): 748-60.
11. He X, Yermakov M, Reponen T, McKay RT, James K, Grinshpun SA. Manikin-based performance evaluation of elastomeric respirators against combustion particles. J Occup Environ Hyg 2013; 10(4): 203-12.
12. Rengasamy S, Eimer BC. N95-companion measurement of cout/cin ratios for two n95 filtering facepiece respirators and one surgical mask. J Occup Environ Hyg 2013; 10(10): 527-32.
13. Khadem M, Taheri S, Hasanzadeh A. The efficiency of respiratory protective equipment based on monitoring a biological indicator, urinary ortho-cresol, in workers exposed to toluene. J Health Syst Res 2011; 7(2): 209-16. [In Persian].
14. Jahangiri M, Adl J, Shahtaheri S, Kakooe H, Rahimi Forushani A, Rashidi A, et al. Assessment of organic vapor-respirator cartridge efficiency based on the EN 14387:2004 standard. J Sch Public Health Inst Public Health Res 2011; 9(1): 1-10. [In Persian].
15. He X, Grinshpun SA, Reponen T, Yermakov M, McKay R, Haruta H, et al. Laboratory evaluation of the particle size effect on the performance of an elastomeric half-mask respirator against ultrafine combustion particles. Ann Occup Hyg 2013; 57(7): 884-97.
16. Liu By, Sega K, Rubow Kl, Lenhart SW, Myers WR. In-Mask Aerosol Sampling For Powered Air Purifying Respirators. Am Ind Hyg Assoc J 1984; 45(4): 278-83.
17. NIOSH Manual of Analytical Methods. Particulates not otherwise regulated, total, method: 0500 [Online]. [cited 1994]; Available from: URL: https://www.cdc.gov/niosh/docs/2003-154/pdfs/0500.pdf

[Downloaded from hsr.mui.ac.ir on 2026-10-30]
[DOR: 20.1001.1.17352363.1397.14.1.19.9]
[DOI: 10.22122/jhsr.v14i1.3220]

18. Eller PM, Cassinelli ME. NIOSH manual of analytical methods. Collingdale, PA: DIANE Publishing; 1994.
19. Bahloul A, Mahdavi A, Haghighat F, Ostiguy C. Evaluation of N95 filtering facepiece respirator efficiency with cyclic and constant flows. J Occup Environ Hyg 2014; 11(8): 499-508.
20. Rengasamy S, Shaffer R, Williams B, Smit S. A comparison of facemask and respirator filtration test methods. J Occup Environ Hyg 2017; 14(2): 92-103.
21. Rengasamy S, Eimer BC, Shaffer RE. Evaluation of the performance of the N95-companion: effects of filter penetration and comparison with other aerosol instruments. J Occup Environ Hyg 2012; 9(7): 417-26.
22. Nelson TJ, Colton CE. The effect of inhalation resistance on facepiece leakage. AIHAJ 2000; 61(1): 102-5.
23. The National Personal Protective Technology Laboratory (NPPTL). NIOSH-approved P100 particulate filtering facepiece respirators [Online]. [cited 2018]; Available from: URL: https://www.cdc.gov/niosh/npptl/topics/respirators/disp_part/p100list1.html

[Downloaded from hsr.mui.ac.ir on 2026-10-30]
[DOR: 20.1001.1.17352363.1397.14.1.19.9]
[DOI: 10.22122/jhsr.v14i1.3220]

DOI: *10.22122/jhsr.v14i1.3220* *Published by Vesnu Publications*

Journal of Health System Research **Vol. 14, No. 1, Spring 2018**

Received: 05.08.2017 Accepted: 02.09.2017 Published: 04.04.2018

Performance Evaluation of Respiratory Masks Used by Refractory Workers in Controlling Exposure against Particulate Pollutants in a Steel Factory

Mansour Zare[1], Masoud Rismanchain[2]

Original Article

Abstract

Background: Dust is one of the harmful factors in some working environments. One of the ways to reduce exposure to dust in these environments, is to use air purifying masks. Therefore, the purpose of this study was performance evaluation of respiratory masks used by refractory workers in controlling exposure against particulate pollutants in a steel factory.

Methods: The performance of three types of masks against particle contamination was evaluated in this study. To evaluate the performance, simultaneously the concentration of particles in inside and outside of the mask during the work was measured; then, the percentage of efficiency and percentage of penetration rate were calculated.

Findings: The mean penetration rate percentage in the FFP3 mask was higher than FFP2 and elastomeric half-mask with a P100 filter. Performance evaluation of FFP2 and FFP3 masks based on of consumption time showed that during the first few hours of consumption, the efficiency decreased, and then increased.

Conclusion: Resistance surface of filter and air penetration from free space between face and around the mask is the main factor of poor performance of the masks.

Keywords: Particulate pollutants, FFP2 filtering facepiece respirator, FFP3 filtering facepiece respirator, Elastomeric respirator, Penetration

Citation: Zare M, Rismanchain M. **Performance Evaluation of Respiratory Masks Used by Refractory Workers in Controlling Exposure against Particulate Pollutants in a Steel Factory.** J Health Syst Res 2018; 14(1): 107-13.

1- MSc Student, Student Research Committee AND Department of Occupational Health Engineering, School of Health, Isfahan University of Medical Sciences, Isfahan, Iran

2- Assistant Professor, Department of Occupational Health Engineering, School of Health, Isfahan University of Medical Sciences, Isfahan, Iran

Corresponding Author: Masoud Rismanchian, Email: rismanchian@hlth.mui.ac.ir

[Downloaded from hsr.mui.ac.ir on 2026-10-30]

[DOR: 20.1001.1.17352363.1397.14.1.19.9]

[DOI: 10.22122/jhsr.v14i1.3220]