طراحی و ارزیابی سیستم تهویه موضعی و پالایشگرهای تلفیقی جهت کنترل گردوغبارهای منتشره از کوره ذوب در یک شرکت تولید فولاد آلیاژی

عبدالمجید گرگز[۱]، فرشید قربانی شهنا[۲]، محمد جواد عصاری[۳]، جواد فردمال[۴]

تاریخ دریافت: ۹۲/۰۶/۲۵ تاریخ ویرایش: ۹۳/۰۳/۱۵ تاریخ پذیرش: ۹۳/۰۷/۰۴

چکیده

زمینه و هدف: آلودگی هوا از عوامل مخاطره‌زای سلامت انسان و محیط‌زیست می‌باشد. در صنایع تولید فولاد به دلیل ماهیت فرآیند و همچنین استفاده از کوره‌های ذوب، میزان تولید و انتشار برخی آلاینده‌های مضر از جمله گردوغبار بسیار بالا می‌باشد. لذا با توجه به اهمیت موضوع، در پژوهش حاضر به کنترل گردوغبار منتشره در هوا در یک شرکت تولید فولاد آلیاژی پرداخته شده است.

روش بررسی: برای طراحی سیستم تهویه موضعی، از استانداردهای VS-55-03 و VS-55-04 کمیته تهویه صنعتی سازمان ACGIH آمریکا اقتباس گردید. برای کنترل ذرات جمع‌آوری شده توسط سیستم تهویه موضعی، از ۱۰ سیکلون موازی با راندمان بالا (مدل استایرمند) به‌عنوان پیش غبارگیر و از یک دستگاه اسکرابر ونچوری به‌عنوان غبارگیر اصلی به‌صورت تلفیقی استفاده گردید. پس از طراحی، ساخت، نصب و راه‌اندازی سیستم، تراکم آلاینده‌ها در محیط کار، داخل سیستم و خروجی آن جهت ارزیابی اثربخشی آن اندازه‌گیری شد.

یافته‌ها: کارایی سیستم تهویه موضعی طراحی شده در کاهش غلظت ذرات منتشره به محیط و ذرات قابل استنشاق به ترتیب ۸۰/۳٪ و ۹۲/۷٪ بود. میانگین بازده حذف ذرات توسط سیکلون و اسکرابر ونچوری به ترتیب ۷۳/۸٪ و ۹۸/۶٪ به دست آمد. در حالی که کاربرد توأم این دو پالایشگر، بازده حذف ذرات را تا ۹۹/۶۳٪ افزایش داد.

نتیجه‌گیری: با توجه به نتایج به دست آمده، به نظر می‌رسد که استفاده از پالایشگرهای تلفیقی جایگزین مناسبی برای سیستم‌های فیلتراسیون که دارای محدودیت‌هایی از جمله آسیب‌پذیری در برابر دماهای بالا و مسدود شدن منافذ فیلترها در اثر مواد چرب و روغنی موجود در قراضه‌ها می‌باشند، هستند.

کلیدواژه‌ها: آلودگی هوا، سیستم تهویه موضعی، پالایشگرهای تلفیقی، کوره قوس الکتریکی.

مقدمه

با افزایش صنعتی شدن جوامع و همچنین فعالیت‌های انسان، میزان انتشار آلاینده‌های هوا به محیط اطراف افزایش پیدا کرده است [۱]. در جهان، سالیانه ۳ میلیون نفر در اثر آلودگی هوا جان خود را از دست می‌دهند و آلودگی هوا یکی از هفت خطر جدی برای کره زمین می‌باشد [۲] آلودگی هوا علاوه بر اثرات بهداشتی که بر روی انسان‌ها و بخصوص شاغلین دارد، تأثیرات زیست‌محیطی و اقتصادی آن نیز باعث شده است که هزینه‌های سرسام‌آوری را در پی داشته باشد. به‌منظور کنترل آلودگی هوا، در مرحله اول چنین به نظر می‌رسد که اولین و مؤثرترین روش، جلوگیری از تولید آلاینده‌ها و کنترل این مواد در منبع تولید آن‌ها باشد. برای منابعی که امکان تعویض و یا تغییر فرآیند آن‌ها وجود ندارد، سیستم‌های تهویه و پالایشگرها به‌منظور به دام اندازی و تصفیه آلاینده‌ها می‌تواند مؤثرترین روش باشد [۳].

روش‌های مختلفی برای تولید فولاد وجود دارد که همگی در یک مشکل اساسی اشتراک دارند و آن انتشار ذرات گردوغبار و دمه‌های فلزی می‌باشد. میزان تولید فولاد در کشور ایران در سال ۱۳۸۹ حدود ۱۱ میلیون

۱- دانشجوی دوره کارشناسی ارشد، گروه مهندسی بهداشت حرفه‌ای، دانشکده بهداشت، مرکز تحقیقات علوم بهداشتی دانشگاه علوم پزشکی همدان، همدان، ایران.
۲- (نویسنده مسئول) استادیار، گروه بهداشت حرفه‌ای، دانشکده بهداشت، مرکز تحقیقات علوم بهداشتی، دانشگاه علوم پزشکی همدان، همدان، ایران. fghorbani@umsha.ac.ir
۳- مربی، گروه بهداشت حرفه‌ای، دانشکده بهداشت، مرکز تحقیقات علوم بهداشتی، دانشگاه علوم پزشکی همدان، همدان، ایران.
۴- استادیار، گروه آمار زیستی، دانشکده بهداشت، مرکز تحقیقات علوم بهداشتی، دانشگاه علوم پزشکی همدان، همدان، ایران.

[Downloaded from ioh.iums.ac.ir on 2026-06-30]

تن بوده است که عمده این فولاد با استفاده از کوره قوس الکتریکی تولید شده است [۴]. در فرآیند تولید فولاد به‌وسیله کوره قوس الکتریکی، به ازای هر تن فولاد تولیدی ۲۰-۱۰ کیلوگرم گردوغبار منتشر می‌شود [۵]. با توجه به گسترش روزافزون صنایع تولید فولاد، کنترل غبارات تولید شده در این فرآیند هم از لحاظ بهداشت و ایمنی و هم از نظر اقتصادی ضروری به نظر می‌رسد.

غلظت بیش‌ازحد این ذرات در محیط‌های کاری باعث مخاطرات بهداشتی برای افراد و مشکلات اساسی برای کارخانه مانند خطر انفجار، خرابی تجهیزات و ... می‌شود. اکثر دمه‌های فلزی قطر کمتر از ۵ میکرون دارند که همین امر باعث می‌شود که مدت‌های طولانی در هوا معلق باقی بمانند. گردوغبار فلزی بسیار ریز می‌تواند تا اعماق شش نفوذ کرده و به آلوئل‌ها برسند و باعث بیماری‌های ریوی متعددی شوند [۶]. کیفیت و کمیت گردوغبار ناشی از فرآیند تولید فولاد آلیاژی به عواملی مانند ویژگی‌های کوره، کیفیت قراضه، نسبت فلزات موجود در قراضه و غیره دارد [۷].

مطالعات جداگانه‌ای که در سال ۲۰۰۵ انجام شد، نشان داده است که ترکیب غبار منتشره از کوره‌های قوس الکتریکی بستگی به ترکیب مواد ذوب شده دارد و می‌تواند حاوی عناصر خطرناک و سمی مانند سرب، کادمیوم، قلع و ... باشد و بنابراین باید از انتشار آن‌ها در محیط اطراف جلوگیری کرده و در ظروف خاصی جمع‌آوری و انبار گردند [۶].

در شرکت مورد مطالعه به دلیل استفاده از کوره قوس الکتریکی جهت ذوب قراضه‌های مورد استفاده که شامل همه نوع وسایل فلزی می‌باشد، میزان تولید و انتشار برخی آلاینده‌های مضر بخصوص ذرات بسیار بالا بود. این آلاینده‌ها علاوه بر تهدید سلامت شاغلین این صنعت، باعث اثرات زیست‌محیطی و تأثیر نامطلوب بر سلامت شاغلین و ساکنان مناطق مجاور می‌گردید. با توجه به وجود انواع آلاینده‌ها و همچنین غلظت بالای آن‌ها در محیط کار، استفاده از انواع وسایل کنترل آلودگی هوا ضروری بود.

استفاده از سیستم فیلتراسیون به‌عنوان گزینه‌ای مناسب و رایج برای کنترل ذرات صنعت فولاد آلیاژی در دنیا مطرح می‌باشد [۸]، اما با توجه به اینکه قراضه‌های مورد استفاده در ایران در برخی موارد حاوی مواد چرب و روغنی و نفتی می‌باشد، لذا این مواد در درازمدت باعث انسداد منافذ فیلترها شده و کارایی آن‌ها به مرور کاهش می‌یابد. هدف از این مطالعه، طراحی سیستم تهویه و تصفیه تلفیقی کارآمد با هزینه‌های اجرایی و عملیاتی کمتر و ارزیابی عملکرد آن در کاهش مواجهه شاغلین و کنترل ذرات بود.

روش بررسی

در مرحله اول، فرآیند تولید و همچنین وضعیت غلظت گردوغبار تولیدی مورد بررسی قرار گرفت. طراحی سیستم تهویه موضعی و پالایشگرها برای یک کوره ذوب از نوع قوس الکتریکی با ظرفیت مفید ۲۰ تن انجام شد. به‌منظور تعیین غلظت گردوغبار محیطی و قابل استنشاق، از روش NIOSH 500 و NIOSH 600 استفاده شد که مبتنی بر نمونه‌گیری با فیلتر و توزین نمونه‌ها است [۹].

در مرحله دوم، برای طراحی سیستم تهویه موضعی از استانداردهای (VS-55-03) و (VS-55-04) پیشنهاد شده توسط کمیته تهویه صنعتی ACGIH استفاده شد. در این استاندارد حداقل دبی مورد نیاز بر اساس ظرفیت کوره تعیین می‌گردد [۱۰]. با توجه به دبی بالای طراحی در این مطالعه، برای دستیابی به قطر بهینه بدنه سیکلون، از سیکلون‌های موازی استفاده گردید. در این پژوهش ۱۰ عدد سیکلون راندمان بالا، مدل استایرمند مورد استفاده قرار گرفت که دارای ابعاد یکسان بودند. قطر سیکلون‌ها با توجه به دبی جریان ورودی محاسبه می‌شود و دیگر ابعاد هندسی سیکلون با توجه به نوع سیکون به دست می‌آید [۱۱]. سیکلون‌ها در صورت طراحی خوب، ذرات بالای ۱۰ میکرون را با راندمان بالایی جمع‌آوری می‌نمایند [۱۱]. ذرات جمع آوری شده به‌وسیله سیکلون‌ها دوباره در فرآیند ذوب مورد استفاده قرار می‌گیرد. راندمان جزئی و کلی سیکلون با استفاده از

[Downloaded from ioh.iums.ac.ir on 2026-06-30]

قطر برش (dpc) به دست آمد. قطر برش قطری از ذرات است که با راندمان ۵۰٪ توسط سیکلون جمع-آوری می‌شود [۱۱]. رابطه ۱ برای محاسبه قطر برشی متداول است [۱۲].

رابطه ۱: $$d_{pc}=\left[\frac{9\mu w}{2\pi N_e v_i(\rho_p-\rho_g)}\right]^{0.5}$$

μ: ویسکوزیته گاز kg/m.s

W: عرض ورودی گاز ft (m)

Ne: تعداد دور چرخش مفید سیال (۱۰-۵ دور برای سیکلون‌های متداول)

Vi: سرعت جریان هوای ورودی به سیکلون ft/s (m/s)

ρg : دانسیته جریان گاز بر حسب lb/ft3 (kg/m3)

ρp: دانسیته ذره بر حسب lb/ft3 (kg/m3)

راندمان جزئی سیکلون از رابطه ۲ محاسبه گردید.

رابطه ۲: $$n_j=\frac{1}{1+\left(\frac{dpc}{d_{pj}}\right)^2}$$

nj: بازده جمع‌آوری ذره در اندازه j(مقدار آن بین صفر تا یک)

dpj: قطر بارز اندازه j ام ذره بر حسب μm

سپس بازده کلی سیکلون به کمک رابطه ۳ محاسبه گردید [۱۳]:

رابطه ۳: $$n=\frac{\sum n_j m_j}{M}$$

n: بازده کلی سیکلون (بین صفر تا یک)

mj: جرم ذرات در دامنه j ام

M: جرم کل ذرات

اسکرابر ونچوری طراحی شده در این مطالعه دارای گلویی مستطیلی شکل قابل تنظیم می‌باشد که می‌توان سطح مقطع گلویی را با استفاده از یک صفحه متحرک تغییر داد. این شرایط به طراح و اپراتور این امکان را می‌دهد که راندمان جمع‌آوری و افت فشار ونچوری را با تغییر در سرعت گلویی اسکرابر تنظیم کند.

راندمان اسکرابر ونچوری با استفاده از معادله پیشنهاد شده توسط جانسون به دست آمد که به‌صورت زیر می‌باشد [۱۴]:

رابطه ۴: $$\eta=1-e^{-k(L/G)\Psi^{0.5}}$$

η: راندمان اسکرابر ونچوری بر حسب درصد (٪)

K: ضریب همبستگی که مقدار آن بستگی به فرم هندسی سیستم و شرایط کار دارد و معمولاً بین ۰/۱ تا ۰/۲ است.

L/G: نسبت مایع مصرفی به گاز ورودی gal/1000ft3

Ψ: شاخص برخورد اینرسیال

Ψ: شاخص برخورد اینرسیال که از طریق رابطه ۵ محاسبه گردید:

رابطه ۵: $$\Psi=\frac{C_c.\rho_p.d_p^2.v_g}{18.\mu.d_d}$$

ρp: دانسیته ترکیب آلاینده‌ها lb/ft3

dp: قطر ذره بر حسب فوت(ft)

vg: سرعت جریان هوا در گلویی اسکرابر ونچوری بر حسب ft/s

μ: ویسکوزیته سیال بر حسب lb/ft.s

dd: قطر قطره بر حسب فوت (ft)

در این طراحی، با توجه به اینکه هواکش بعد از پالایشگرها قرار می‌گیرد و بدلیل احتمال نفوذ ذرات و قطرات آب بداخل هواکش، هواکش پره شعاعی مورد استفاده قرار گرفت.

پس از طراحی، ساخت، نصب و راه اندازی این سیستم، تراکم آلاینده‌ها در محیط کار، داخل سیستم و خروجی آن جهت ارزیابی اثر بخشی آن‌ها در حذف ذرات اندازه‌گیری شد. نمونه‌برداری و همچنین تعیین تعداد نقاط نمونه‌برداری داخل کانال به روش ایزوکینتیک مطابق استاندارد BS 3405 (British Standard) انجام شد [۱۵]. محل نمونه‌برداری ایزوکینتیک ذرات در مسیرهای مستقیم کانال و با فاصلهٔ

[Downloaded from ioh.iums.ac.ir on 2026-06-30]

مشخص از موانعی مثل زانوها، فن، دمپر و ... که منجر به اختلال در مسیر حرکت یکنواخت جریان هوا می‌شوند، انتخاب گردید [۱۵]. برای تعیین میزان کارایی سیستم تهویه موضعی در کاهش میزان گردوغبار محیطی و قابل استنشاق تعداد ۳ عدد نمونه محیطی در اطراف کوره ذوب و ۳ عدد نمونه فردی گرفته شد. ایستگاههای نمونه‌گیری در داخل سیستم شامل ۴ نمونه قبل از سیکلون برای تعیین میزان تراکم جرمی ذرات ورودی به سیکلون، ایستگاه دوم بعد از سیکلون و قبل از ونچوری برای تعیین بازده حذف ذرات توسط سیکلون و نیز تعیین غلظت ذرات ورودی به ونچوری، ایستگاه سوم بعد از ونچوری است که به‌منظور تعیین بازده حذف اسکرابر ونچوری در حذف ذرات ریز عبوری از سیکلون می‌باشد. به‌منظور تعیین راندمان اسکرابر ونچوری در حذف ذرات ریز با قطر مشخص، دو عدد نمونه قبل و بعد از اسکرابر ونچوری با استفاده از کاسکید ایمپکتور گرفته شد.

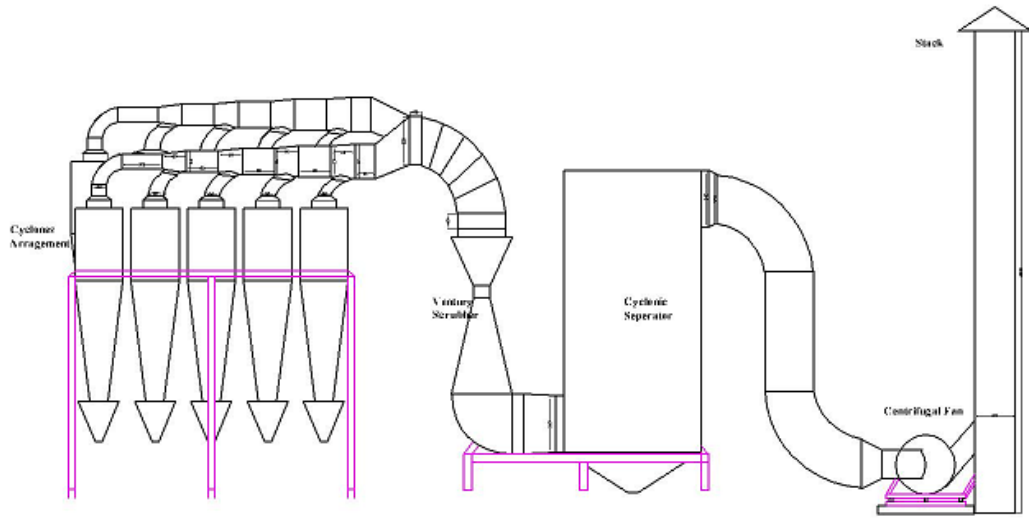
یافته‌ها

میزان دبی مورد نیاز پیشنهاد شده در استاندارد VS-55-03 برای کوره برابر با ۴۲۵۰m3/h (۲۵۰۰cfm) به ازای هر تن ظرفیت شارژ کوره می‌باشد که در صنعت مورد مطالعه، در هر بار شارژ، تقریباً حدود ۲۰ تن بارگیری می‌شود. در نتیجه دبی مورد نیاز برابر با m3/h ۸۵۰۰۰(۵۰۰۰ cfm) می‌باشد. طبق استاندارد VS-55-04بایستی توجه داشت که سرعت مکشی جهت ربایش آلاینده نباید از حداقل سرعت ذکر شده در استاندارد (۳۵۰۰ fpm) کمتر باشد [۱۰].

با توجه به دبی بالای طراحی در این مطالعه، برای دستیابی به قطر بهینه بدنه سیکلون، از سیکلون‌های موازی استفاده گردید. لذا در این پژوهش از ۱۰ سیکلون موازی استفاده گردید. قطر بدنه استوانه‌ای سیکلون (Dc) برای دبی m3/h ۸۵۰۰ حدود ۱/۲m محاسبه شد. سایر مشخصات هندسی سیکلون نسبتی از قطر بدنه استوانه‌ای می‌باشند که در جدول ۱ آورده شده است. افت فشار سیکلون‌های طراحی شده ۷۲۵ پاسکال (۲/۹ اینچ آب) به دست آمد.

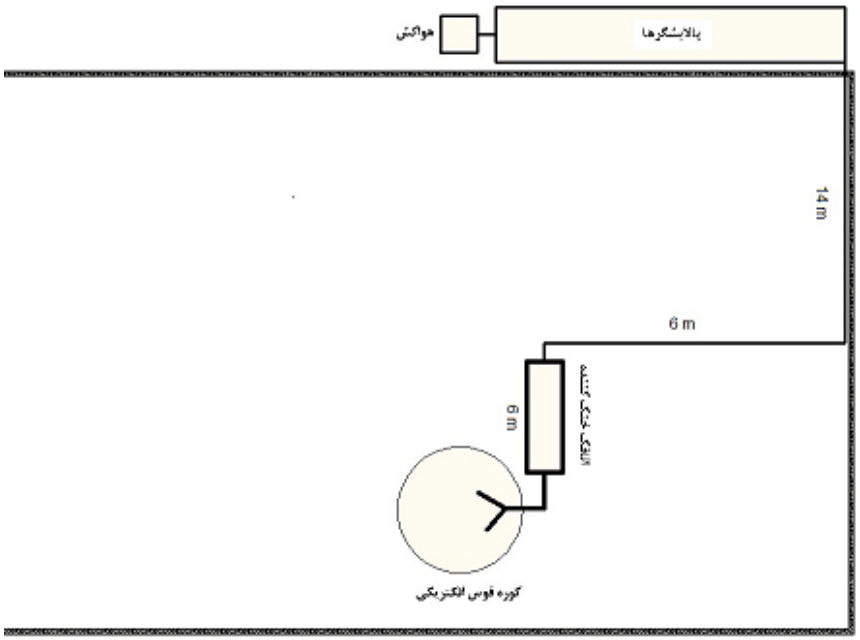
جدول ۱- ابعاد هندسی سیکلون طراحی شده

ابعاد سیکلون	Dc	h	z	H	B	a	b	De	S
اندازه(m)	۱/۲	۱/۸	۳	۴/۸	۰/۴۵	۰/۶	۰/۲۴	۰/۶	۰/۶



شکل ۱- نمای جانبی پالایشگرهای طراحی شده جهت کنترل آلاینده‌های منتشره.

[Downloaded from ioh.iums.ac.ir on 2026-06-30]



شکل ۲- نمایی از کانال کشی داخل سوله

جدول ۲- میانگین میزان مواجهه با ذرات قابل استنشاق قبل و بعد از نصب و راه‌اندازی سیستم.

	قبل از نصب و راه اندازی سیستم		بعد از نصب و راه اندازی سیستم		راندمان
غلظت ذرات (mg/m3)	میانگین	انحراف معیار	میانگین	انحراف معیار	
	۳۲/۵۵	۳/۰۴	۲/۳۶	۱/۶۷	٪۹۲/۷

جدول ۳- غلظت محیطی ذرات قبل و بعد از نصب و راه‌اندازی سیستم

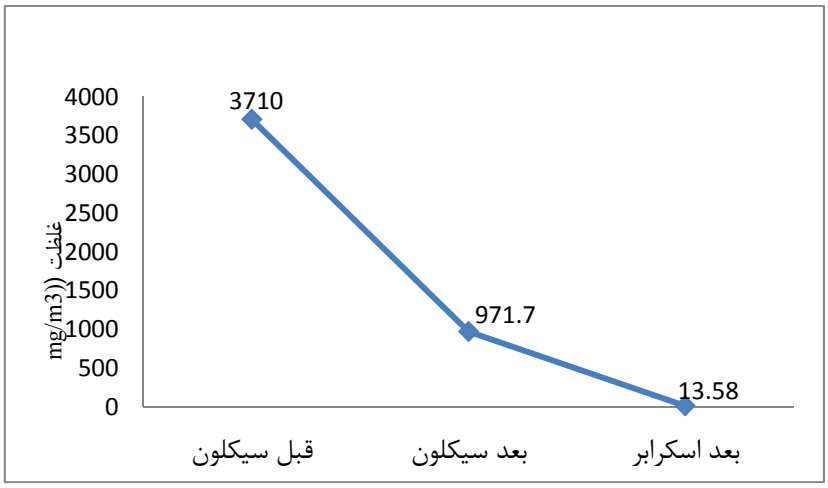
	قبل از نصب و راه اندازی سیستم		بعد از نصب و راه اندازی سیستم		راندمان
غلظت ذرات (mg/m3)	میانگین	انحراف معیار	میانگین	انحراف معیار	
	۱۰/۵	۳/۷۵	۲/۰۶	۱/۴۹۷	٪۸۰/۳

طراحی اسکرابر ونچوری مورد استفاده در این تحقیق بر اساس حداقل سرعت جریان هوا در گلویی که ۲۵۰ft/s در نظر گرفته شد، انجام گرفت. حداکثر قطر گلویی اسکرابر ونچوری برای این مقدار از سرعت، cm ۴۵ می‌باشد. دبی مایع (آب) مورد نیاز lit/m ۱۸۹۲ تعیین شد. حداقل افت فشار اسکرابر ونچوری طراحی شده in.w.g ۳۱ می‌باشد. هود طراحی شده در این مطالعه به سقف کوره متصل بوده و با آن می‌چرخد. هیچ مکشی در حین کج شدن کوره و ریزش مذاب انجام نمی‌شود. این نحوه نصب و قرارگیری هود باعث می‌شود که حداکثر راندمان را در جمع‌آوری آلاینده‌های فرار داشته باشیم [۱۰]. جنس تمامی کانال‌ها و اتصالات موجود در سیستم طراحی شده به علت وجود دمای بالای ناشی از عملیات ذوب کوره و همچنین وجود گازها و بخارات اسیدی، آهن سیاه با پوشش داخلی فایبرگلاس انتخاب شد.

ساختار و چیدمان پالایشگرهای تلفیقی که شامل ۱۰ سیکلون موازی، یک اسکرابر ونچوری و حذف کننده میست بود و همچنین نقشه کانال کشی داخل سوله در شکل های ۱ و ۲ نشان داده شده است.

جدول شماره ۲ و ۳ غلظت گردوغبار منتشره به محیط و قابل استنشاق را قبل و بعد از راه اندازی سیستم نشان

[Downloaded from ioh.iums.ac.ir on 2026-06-30]



نمودار ۱- منحنی غلظت ذرات در ایستگاه‌های مختلف

جدول ۴- راندمان اسکرابر ونچوری در حذف ذرات با سایز مشخص

غلظت(mg/m3) اندازه ذرات(µ)	قبل ازاسکرابر	بعد از اسکرابر	راندمان
۲/۵	۴۳۸/۲	۷/۷	۹۸/۲۴
۱	۶۶/۴	۴/۲	۹۳/۶۷
۰/۵	۳۲/۹۴	۲/۷	۹۱/۸
۰/۲۵	۲۳/۷	۲/۲	۹۰/۷۱

می‌دهند. همانطور که مشاهده می‌شود راندمان سیستم تهویه موضعی در کاهش میانگین گردوغبار محیطی و استنشاقی به ترتیب ۸۰/۳٪ و ۹۲/۷٪ می‌باشد. نتایج به دست آمده نشان می‌دهند که سیستم تهویه موضعی نقش مهمی در کاهش میزان انتشار گردوغبار محیطی و قابل استنشاق داشته است.

نمودار شماره ۱ نتایج مربوط به اندازه‌گیری تراکم جرمی ذرات در ایستگاه اول (قبل از سیکلون)، ایستگاه دوم (بعداز سیکلون و قبل از ونچوری) و ایستگاه سوم (بعد از ونچوری)، نشان می‌دهد. همان‌طور که مشاهده می‌شود راندمان سیکلون‌های موازی و اسکرابر ونچوری طراحی شده در حذف گردوغبار کل ۷۳/۸٪ و ۹۸/۶٪ می‌باشد. نتایج حاصل از سنجش ذرات با قطرهای آئرودینامیک ۲/۵، ۱، ۰/۵ و ۰/۲۵ در ایستگاه‌های قبل و بعد از اسکرابر ونچوری که در نمودار ۲ ارائه شده است، نشان می‌دهد که بازده حذف این ذرات توسط اسکرابر ونچوری بترتیب ۹۸/۳۴، ۹۱/۹۳،۸/۶۷ و ۹۰/۷۱ بوده‌است.

بحث و نتیجه‌گیری

سیستم تهویه موضعی یک وسیله کارآمد برای کنترل مهندسی آلاینده‌های منتشره از کوره‌های قوس الکتریکی و فرآیندهای گرم می‌باشد [۱۶، ۱۷]. در گزارشی که توسط Alison و همکاران در سال ۲۰۰۹ میلادی منتشر شد، بهترین گزینه برای جمع‌آوری آلاینده‌های منتشره از کوره‌های ذوب، استفاده از سیستم تهویه موضعی استاندارد VS-55-03 و VS-55-04 عنوان شده است. در این استاندارد حداقل دبی مورد نیاز بر اساس ظرفیت شارژ کوره تعیین می‌گردد [۱۸].

نتایج این مطالعه نشان داد که میزان مواجهه با گردوغبار قابل استنشاق بعد از نصب و راه اندازی سیستم تهویه موضعی، از حدود مجاز مواجهه شغلی

[Downloaded from ioh.iums.ac.ir on 2026-06-30]

توصیه شده توسط کمیته بهداشت حرفه‌ای کشور ایران (OEL) ACGIH,۳ mg/m3 (۳mg/m3)، OSHA (۵mg/m3)، کمتر می‌باشد.

همچنین تراکم گردوغبار منتشره در محیط کارگاه بعد از نصب و راه اندازی سیستم تهویه موضعی کاهش چشمگیری داشته است. این گردوغبار می تواند باعث آسیب به دستگاهها شده و در اثر تردد وسایل نقلیه و پرسنل وارد جریان هوا شده و و توسط افراد استنشاق شود. این نتایج بیانگر این است که سیستم طراحی شده کارایی خوبی در کاهش ذرات محیطی و قابل استنشاق داشته است.

نتایج حاصل از این مطالعه، بازده حذف گردوغبار توسط سیکلون‌های مورد استفاده را ۷۳/۸٪ نشان داد که این بازده می‌تواند بدلیل غلظت بالای ذرات ورودی به سیکلون باشد. دلیل دیگر بالا بودن بازده حذف ذرات توسط سیکلون می‌تواند به این دلیل این باشد که جرم عمده گردوغبار ورودی به سیکلون‌ها را ذرات با قطر آئرودینامیک بالای ۱۰ میکرون تشکیل می‌دهند. نتایج به دست آمده برای راندمان حذف ذرات توسط سیکلون با مطالعاتی که توسط بهرامی و همکارانش [۱۹] سالسیدو و همکارانش [۲۰] چان جین تسای و همکارانش [۲۱] انجام شد تطبیق دارد.

همانگونه که در قسمت نتایج اشاره گردید، راندمان اسکرابر ونچوری در حذف ذرات کل ۹۹/۳٪ می‌باشد. همچنین راندمان اسکرابر ونچوری در حذف ذرات با قطرهای آئرودینامیک ۲/۵، ۱، ۰/۵ و ۰/۲۵ میکرومتر بترتیب ۹۸/۲۷، ۹۷/۲، ۹۵/۴ و ۹۰/۶۶ به دست آمد. نتایج به دست آمده در این قسمت با نتایج حاصل از مطالعات آگرانووسکی [۹]، انستیتو تحقیقات انرژی (TERI Tata) در هند [۲۲] مشابهت دارد.

بکارگیری همزمان سیکلون و اسکرابر ونچوری برای حذف ذرات، بازده حذف را تا ۹۹/۶۳٪ افزایش داد که نتایج حاصل از این مطالعه با نتایج به دست آمده توسط قربانی و همکاران مشابهت داشت [۲۳].

همانطور که در بالا نیز اشاره شد، استفاده از سیستم فیلتراسیون (Baghouse) به‌عنوان گزینه‌ای مناسب و رایج برای کنترل ذرات صنعت فولاد آلیاژی در دنیا مطرح می‌باشد، اما در کشور ایران ناخالصی‌های موجود در قراضه، قبل از عملیات ذوب جداسازی نمی‌شوند، بنابراین غبار تولید شده در این فرآیند حالت چسبندگی به خود گرفته و باعث مسدود شدن منافذ فیلترها می‌شوند و بتدریج کارایی فیلترها کاهش می‌یابد، این حالت همچنین باعث افزایش افت فشار سیستم شده و باعث افزایش مصرف انرژی می‌شود. از طرف دیگر ساخت، نصب، نگهداری و تعمیر سیستم‌های فیلتراسیون از پیچیدگی بیشتری نسبت به سیستم سیکلون– اسکرابر برخوردار می‌باشند. لذا با توجه به مشکلات موجود در صنعت فولاد و محدودیت‌های ذکر شده برای استفاده از سیستم فیلتراسیون و همچنین نتایج به دست آمده از این مطالعه، به نظر می‌رسد که استفاده از پالایشگرهای تلفیقی سیکلون و اسکرابر ونچوری در صنایع تولید فولاد آلیاژی جایگزین مناسبی برای سیستم‌های فیلتراسیون باشند.

منابع

1. Onder S, Dursun S. Air borne heavy metal pollution of Cedrus libani (A. Rich.) in the city centre of Konya (Turkey). Atmos Environ 2005;40(6):1122-33.
2. Agarwal SK. Air Pollution. APH Publishing Corporation New Dehli-110002. 2005;1:5,64.
3. Giasooddin M. Air Pollution. 4, editor. Tehran: Tehran University Press; 2001.
4. Mirjalili SM, Hesamifar MJ, Sharifyazdi A. Optimize energy consumption of the electric arc furnace by improvement loading of scrap. Eighth National Conference on Energy: Yazd Regional Electric Company; 2011.
5. Chen WS, Shen YH, Tsai MS, Chang FC. Removal of chloride from electric arc furnace dust. J Hazard Mater 2011;190(1):639-44.
6. Matar HS. Evaluating Dust Exposure from Steel Manufacturing Electrical Al'c Furnaces: University of Wisconsin; 2009.
7. Tossavainen A. Metal fumes in foundries. Scand J Work Environ Health 1976;2:42-9.
8. Park OOAQPASRT. National Emission Standards for Hazardous Air Pollutants (NESHAP)

[Downloaded from ioh.iums.ac.ir on 2026-06-30]

for Integrated Iron and Steel Plants - Background Information for Proposed Standards 2001:100-20.

9. Agranovski IE, Whitcombe JM. Optimisation of venturi scrubbers for the removal of aerosol particles. J Aerosol Sci 2000;31:164-5.

10. American Conference of Governmental Industrial Hygienists) ACGIH) (2010) Industrial Ventilation AMoRPtE, ACGIH® Signature Publication, Cincinnati.

11. Theodore L. Air pollution control equipment calculation. John wiley&sons, INC. Publication. Hoboken, New Jersey, 2008;1.

12. Theodore L. Air pollution control equipment calculations. John Wiley & Sons.Inc: PUBLICATION Hoboken, New Jersey; 2008.

13. Javed K, Mahmud T, Purba E. The CO2 capture performance of a high-intensity vortex spray scrubber. Chem Eng J 2010;162(2):448-56.

14. Torkian. A, Nematpoor K. Air Pollution Control Engineering. TEHRAN: Iran University of Industries and Mines; 2001.

15. Clarke AG. Industrial Air Pollution monitoring Gaseous and particulate emissions sE, Chapman &, Hall. 1998.

16. Jeanne MS. Encyclopedia of occupational health and safety, 4th Ed. 44–82, International Labor Office (ILO), Geneva. 1998.

17. Kulmala I, Hynynen P, Welling I, Saamanen A Local ventilation solution for large, warm emission sources. Ann Occup Hyg 200;51:35–43.

18. Alison F, Mike S. BWC Board Medical Services Designe Summury. Governance Committee Agenda. Thursday, August 27, 2009.

19. Bahrami AGF, Mahjub H, Golbabei F, Aliabadi M. Application of traditional cyclone with spray scrubber to remove airborne silica particles emitted from, stone-crushing factories. Ind Health 2009;47.

20. Tsai CJ, Lin CH, Wang YM, Hunag CH, Li SN, Wu ZX, et al. An efficient venturi scrubber system to remove submicron particles in exhaust gas. J Air Waste Manage Assoc 2005;55(3):319-25.

21. Chuen-Jinn Tsai CHL, Wang YM, Hunag CH, Li SN, Wu ZX, Wang FC. An Efficient Venturi Scrubber System to Remove Submicron Particles in Exhaust Gas. Journal of the Air & Waste Management Association. [Technical]. March 2005;55:319–25.

22. Prosanto P, Abhishek N. Energy efficient and environmentally friendly cupola furnace. 2001. Available from: mailbox@teri.res.in.

23. Ghorbani Shahna F, Bahrami AR, Farasati F. Application of Local Exhaust Ventilation System and Integrated Collectors for Control of Air Pollutants in Mining Company. Industrial Health 2012;50:450–7.

[Downloaded from ioh.iums.ac.ir on 2026-06-30]

The designing and assessment of a local exhaust ventilation system coupled with hybrid collectors for dust control o an alloy steel company

A. Garkaz[1], F. Ghorbani Shahna[2], M.J. Assari[3], J. Faradmal[4]

Received: 2013/09/16 Revised: 2014/06/05 Accepted: 2014/09/26

Abstract

Background and aims: Air pollution is a risk factor for human health and the environment. Due to the nature of the process and also to employing melting furnaces, the production and emission of some pollutants such as harmful dust is very high in the steel industry. Therefore, considering the importance of the issue, control of dusts of an alloy steel production company was investigated in the present work.

Methods: In the present study, the VS-55-03 and VS-55-04 standards of industrial ventilation committee of ACGIH have been applied for the design of ventilation system. Ten high efficiency Stairmand model cyclones were designed in parallel in order to remove the particulate emissions. Furthermore, a venturi scrubber was designed to be integrated with the ventilation system for controlling of fine particles passing through cyclones. After the system was designed, made, installed, and operated, the concentration of particulates was measured in the workplace, inside the ducts, as well as at the effluent gas to determine the efficiency of the system.

Results: The results showed that the average efficiency of the local exhaust system for the removal of the environmental and inhalable particle was 92.7, and 80.3 respectively. Moreover, the mean removal efficiency of the cyclone and venture scrubber was observed to be 73.8% and 98.6% respectively, while it was 99.63% by the coupled cyclone-scrubber system.

Conclusion: According to the results, it seems that the hybrid collectors are appropriate alternatives for filtration systems which include constrictions such as sustainability to high temperatures and filter clogging resulting from greasy substances available on scraps.

Keywords: Air pollution, Local ventilation system, Hybrid collectors, Electric arc furnace.

1. Department of Occupational Health Engineering, Faculty of Public Health and Research Center for Health Science, Hamedan University of Medical Science, Hamedan, Iran.

2. **(Corresponding author)** Department of Occupational Health Engineering, Faculty of Public Health and Research Center for Health Science, Hamedan University of Medical Science, Hamedan, Iran. fghorbani@umsha.ac.ir

3. Department of Occupational Health Engineering, Faculty of Public Health and Research Center for Health Science, Hamedan University of Medical Science, Hamedan, Iran.

4. Department of Biostatistics, Faculty of Public Health and Research Center for Health Science, Hamedan University of Medical Science, Hamedan, Iran.

[Downloaded from ioh.iums.ac.ir on 2026-06-30]