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

بررسی اثرشارژ الکتریکی قطرات آب بر راندمان اسکرابر مه پاش در حذف ذرات فلدسپار

مجید بیاتیان[۱]، عبدالرحمن بهرامی[۲]، رستم گلمحمدی[۳]، فرشید قربانی شهنا[۴]

تاریخ دریافت: ۸۹/۰۵/۰۶ تاریخ ویرایش: ۹۰/۰۳/۲۴، ۸۹/۰۹/۰۷ تاریخ پذیرش: ۹۰/۰۷/۲۷

چکیده

زمینه و هدف: یکی از روش‌های افزایش راندمان پالایش ذرات در اسکرابرهای تر استفاده از شارژ الکتریکی می‌باشد. این سیستم‌ها در جایی کاربرد دارند که بتوان از اسکرابر در جمع آوری آلاینده‌ها استفاده نمود. در حقیقت این سیستم فقط راندمان جمع آوری را افزایش می‌دهد و یک تکنولوژی جدید برای جمع آوری آلاینده‌ها نمی باشد.

روش بررسی: ابتدا بر طبق توصیه ACGIH سیستم تهویه‌ای بصورت پایلوت طراحی و نصب گردید. در مرحله بعد با استفاده از یک مبدل برقی DC با ولتاژ ۱۲۷۵ ولتآب باردار شد. سپس با استفاده از لوله پیتوتو مربوط به افت فشار و سرعت، سرعت جریان هوا در داخل کانال تعیین شد و با در نظر گرفتن شرایط ایزوکنتیک، قطر پروپ نمونه‌برداری محاسبه شد. نمونه گیری در دو دبی ۲۰/۳ و ۱۱/۴ لیتر بر دقیقه و بطور کل ۷۲ نمونه گرفته شد. تجزیه نمونه‌ها بصورت وزنی و تجزیه و تحلیل داده‌ها باآزمون‌های آماری انجام گردید.

یافته‌ها: با توجه به اندازه گیری‌های انجام شده توسط ولت متر و آمپر سنج در حین باردار شدن آب میدانی به بزرگی بیش از ۳*۱۰۱۴ الکترون ایجاد گردید. راندمان جمع آوری ذرات قابل استنشاق در دبی ۲۰/۳ لیتر بر دقیقه در حالت‌های عدم مداخله الکتریکی و مداخله الکتریکی با بار مثبت و منفی به ترتیب ۶۶، ۷۷/۶۷ و ۷۳ درصد و در دبی ۱۱/۴ لیتر بر دقیقه به ترتیب برابر ۶۰، ۶۹/۴۳ و ۶۸/۳۲ درصد تعیین شد. برای ذرات غیر قابل استنشاق راندمان در دبی ۲۰/۳ لیتر بر دقیقه در عدم مداخله الکتریکی و مداخله الکتریکی با بار مثبت و منفی به ترتیب ۹۴/۶۷، ۹۸/۳۳ و ۹۷/۶۷ درصد و در دبی ۱۱/۴ لیتر بر دقیقه به ترتیب برابر ۹۱/۳۳، ۹۵ و ۹۷/۳۳ درصد شد.

نتیجه‌گیری: نتایج حاصل از آزمایشات نشان داد که در یک دبی مشخص مداخله الکتریکی باعث افزایش راندمان جمع آوری ذرات قابل استنشاق می‌شود. که در نتایج مشخص می‌باشد در حالیکه این مداخله الکتریکی برروی راندمان جمع آوری ذرات غیر قابل استنشاق تأثیر قابل توجهی ندارد. همچنین اثر مداخله الکتریکی با بار مثبت بیشتر از اثر مداخله الکتریکی با بار منفی می‌باشد و با افزایش دبی آب راندمان جمع آوری ذرات قابل استنشاق و غیر قابل استنشاق ذرات فلدسپار افزایش می‌یابد.

کلیدواژه‌ها: شارژ الکتریکی، اسکرابر مه پاش، ذرات فلدسپار، راندمان.

مقدمه

امروزه استفاده ازسیستم‌های تهویه موضعی در جمع‌آوری آلاینده‌ها در محیط کار رو به افزایش می باشد. از طرف دیگرآلاینده های جمع آوری شده توسط سیستم تهویه بایستی کنترل شده و هوای خروجی از هواکش باید دارای میزان آلودگی کمتر از حد مجاز ارائه شده از سوی سازمان حفاظت محیط زیست باشد. به همین دلیل استفاده و کاربرد وسائل پالایشگر هوا با توجه به تمرکز سازمان محیط زیست بر آلودگی هوا و کنترل آن رو به افزایش می‌باشد. بنابراین با توجه به حفظ محیط زیست و کاهش آلودگی آن توسط صنایع از یک طرف و حفظ سلامت کارکنان از طرف دیگر استفاده از سیستمی که بتواند آلودگی را با راندمان بالا

۱. (نویسنده مسئول) مربی، گروه بهداشت حرفه‌ای، دانشکده بهداشت، دانشگاه آزاد اسلامی واحد پزشکی تهران، تهران خیابان شریعتی، قلهک، خیابان خاقانی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد پزشکی تهران، تلفن: ۰۹۱۲۷۶۴۴۷۰۷، (majid_bayatian@yahoo.com)
۲. استاد، گروه بهداشت حرفه‌ای، دانشکده بهداشت و مرکز تحقیقات علوم بهداشتی، دانشگاه علوم پزشکی همدان.
۳. استادیار، گروه بهداشت حرفه‌ای، دانشکده بهداشت و مرکز تحقیقات علوم بهداشتی، دانشگاه علوم پزشکی همدان.
۴. مربی، گروه بهداشت حرفه‌ای، دانشکده بهداشت و مرکز تحقیقات علوم بهداشتی، دانشگاه علوم پزشکی همدان.

[Downloaded from ioh.iums.ac.ir on 2026-11-28]

جمع آوری نماید امری ضروری می‌باشد[۱].

فِلدِسپارها که یکی مهم‌ترین کانی‌های سنگی آذرین بشمار می‌آیند دارای مصارف مختلفی در صنایع می‌باشد. در حدود ۶۵ درصد از آلکالی فلدسپارها در صنایع شیشه‌سازی، ۳۰ درصد در صنایع سرامیک و ۵ درصد دیگر به عنوان پرکننده و دیگر موارد به مصرف می‌رسد[۲]. کاربرد بسیار زیاد این ماده در صنایع و همچنین خطرناک بودن آن برای سلامتی انسان ایجاب می‌کند که طرح‌های کنترلی مؤثری برای جمع آوری ذرات پخش شده آن در هوا اتخاذ گردد. از جمله وسایلی که می‌توان از آن برای پالایش این آلاینده استفاده نمود اسکرابر می‌باشد.

راندمان جداسازی ذرات توسط اسکرابرهای تر معمولی اغلب برای ذرات زیر میکرونی(کمتر از یک میکرون) بسیار پایین می باشد[۳]. یک راه ممکن برای بهبود راندمان جمع آوری این ذرات، استفاده از نیروهای الکتریکی از طریق شارژ الکتریکی ذرات، قطرات آب و یا هر دو است که در این حالت به آن اسکرابر الکتروستاتیک می گویند. اسکرابرهای الکتروستاتیک از مؤثرترین سیستم‌هایی بوده که جهت حذف آئروسل ها از جریان گازی و یا هوای محیط از جمله ذرات، دود، باکتری‌ها و قارچ‌ها در سایزهای زیر میکرونی استفاده می‌شوند[۳]. دراین وسایل ذرات و قطرات شستشودهنده با بارهای مخالف باردار می گردند. قطرات باردارشده همانند الکترودهای جمع آوری کوچک موجود در رسوب دهنده های الکتروستاتیک عمل می کنند. این نوع اسکرابرها عیب ذاتی موجود در اسکرابرهای معمولی را که قادر به کنترل ذرات در سایزهای زیر میکرونی نیستند را ندارد و دارای راندمان جمع آوری بالاتری هستند. مهمترین نقص آنها در کاربرد ایجاد خوردگی در عناصر فلزی از جمله الکترودها می‌باشد[۳].

استفاده از این تکنولوژی از سال ۱۹۷۵ بطور فراگیر آغاز شد. این سیستم‌ها در جایی کاربرد دارند که بتوان از اسکرابر در جمع آوری آلاینده‌ها استفاده نمود. در اصل این سیستم فقط راندمان جمع آوری را افزایش می‌دهد و یک تکنولوژی جدید برای جمع آوری آلاینده‌ها محسوب نمی شود. هزینه‌های کلی بهره برداری و به کارانداز یاسکرابرهای تر باردار (Wet Charging CWS: Scrubber) بسیار مشابه با اسکرابرهای تر متداول است با این تفاوت که این وسیله می تواند راندمانی در حدود وسایل رسوب دهنده الکتروستاتیکی داشته باشد. در این سیستم ها شارژ الکتریکی به گونه ای صورتمی گیرد که بار عمر کوتاهی داشته باشد به طوری که در خروجی پایین اسکرابر آلاینده ها و یا قطرات مایع فاقد بار و یا بار کمی باشند[۴].

اولین اقدام موفقیت آمیز از طریق اجرای کنترل ذرات آلاینده در هوا براساس اصول الکتروستاتیک توسط Cottrel (۱۹۰۸) انجام شد که نتایج تحقیقاتش توسعه استفاده از رسوب دهنده های الکتروستاتیک به عنوان وسایل پالایشگر هوا بود. در اوایل سال ۱۹۴۰ اسکرابرهای مه پاش الکتروستاتیکی، که در آن ذرات آلاینده و قطرات آب دارای قطبیت مخالف بودند توسط Peni (۱۹۴۴) ارائه شد. او یک اسکرابر مه پاش الکتروستاتیک که شامل شارژ کننده ذرات از طریق یک تخلیه هاله ای و شارژ کننده قطرات از طریق یون ایمپکتور با مکانیسم القاء بود به ثبت رسانید. Peni افزایش راندمان جمع آوری ذرات را از ۱۳/۸٪ تا ۴۴/۸٪ در حالتی که ذرات با قطبیت مخالف باردار شده بودند را گزارش کرد[۵].Kati Vaaraslahti (۲۰۰۲) طی مطالعه ای آزمایشی اثر جنس نازل و دبی مایع را در اسکرابر با قطرات آب باردار مورد بررسی قرار داد. طبق نتایج بدست آمده از این تحقیق میزان شارژ با سرعت جریان مایع ایجاد شده افزایش یافت. همچنین یافته‌های تحقیق مزبور نشان دادکه اندازه قطرات برروی شارژ مؤثر می‌باشد و تغییر توزیع اندازه قطرات باعث تغییر توزیع شارژ قطرات می شود که در نتیجه آن احتمال می‌رود کل شارژ در اسپری نیز تغییر یابد. همچنین Michael(۲۰۰۴) طی مطالعه خود اثر انواع مختلف نازل در نگهداری بار الکتریکی با ولتاژ مختلف را مورد پژوهش قرار داد. او به این نتیجه رسید که نازل‌های فلزی بهترین راندمان را در نگهداری بار الکتریکی دارند[۶].

[Downloaded from ioh.iums.ac.ir on 2026-11-28]

در ایران از مطالعاتی که در زمینه افزایش راندمان اسکرابرها صورت گرفته است می توان طراحی و ساخت اسکرابر دینامیک جدید و تست آن در صنعت سیمان را نام برد.این سیستم در مسیر خروجی الکتروفیلتر یک کارخانه سیمان قرار گرفت و بازده خوبی بین ۹۳-۸۰٪ از خود نشان داد که بسیار مطلوب ارزیابی شد[۷]. از جمله کارهای دیگری که در ایران برروی افزایش راندمان اسکرابرها انجام شده است می‌توان افزایش راندمان جمع آوری آلاینده ها بوسیله سیکلون-اسکرابر (۱۳۷۸) را نام برد[۸].اما با توجه به بررسی های صورت گرفته شده تا به حال مطالعه ای در زمینه باردار نمودن قطرات آب برای افزایش راندمان اسکرابر مه پاش صورت نگرفته است. بنابراین در مطالعه حاضر سعی شده است که ابتدا اثر شارژ الکتریکی آب با بار مثبت و بار منفی و سپس تأثیر افزایش دبی مایع برروی راندمان جمع آوری ذرات قابل استنشاق و غیر قابل استنشاق فلدسپار در اسکرابر مه پاش مورد بررسی قرار گیرد.

روش بررسی

برای انجام آزمایشات ابتدا یک سیستم تهویه بصورت پایلوت طراحی و ساخته شد. طراحی این سیستم بر اساس روش فشار سرعت (Velocity Pressure Method Balance System Design) بر طبق توصیه VS-15-01 ارائه شده از سوی سازمان ACGIH برای تعیین هواگذر، سرعت جریان هوا و مشخصه‌های فنی دیگر سیستم صورت گرفت [۸]. مشخصه اصلی و تعیین کننده برای تعیین ابعاد اسکرابر سرعت جریان هوا و هواگذر سیستم می باشد. از آنجائیکه پیشنهاد می‌شود در اسکرابرها سرعت جریان هوا در داخل محفظه ۲۵۰fpm-۲۰۰ باشد براساس رابطه Q=AV سطح مقطع اسکرابر و در پی آن با استفاده از رابطه ۱ قطر اسکرابر بدست آورده شد.

رابطه۱:

$$A=\frac{\pi d^2}{4}\Rightarrow d=2\sqrt{\left(\frac{A}{\pi}\right)}$$

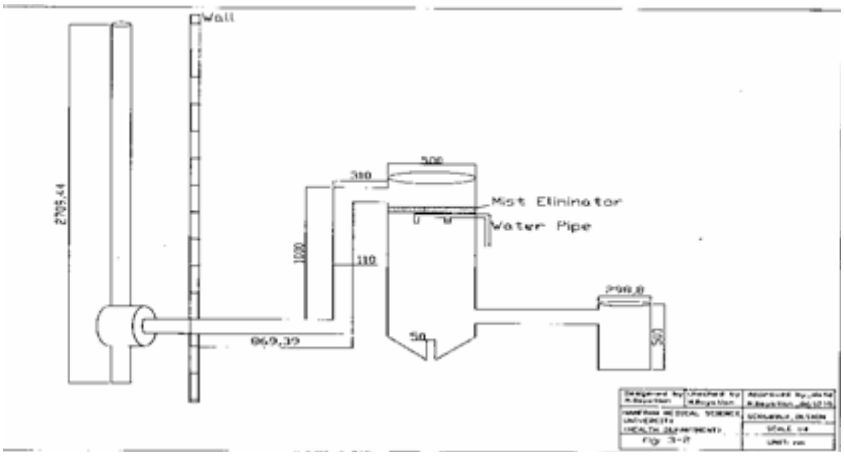
همچنین چون توصیه می‌شود ارتفاع اسکرابر ۲/۵-۲ برابر قطر آن باشد، با تعیین قطر اسکرابر با استفاده از رابطه بالا، ارتفاع آن نیز بدست می آید.از آنجائیکه محدوده پیشنهادی برای دبی افشانک های اسکرابر مه پاش برابر ۱۵-۵ گالن به ازای هر۱۰۰۰ فوت مکعب در دقیقه است و با توجه به مقدار هواگذر توصیه شده توسط ACGIH حداقل و حداکثر دبی آب مورد نیاز تعیین گردید و براساس آن پمپ انتخاب شد. با توجه به اینکه در سیستم مورد نظر آلاینده ذره می باشد و این ذرات ممکن است برروی پره های هواکش رسوب نموده و آن را از بالانس خارج سازند از هواکش رادیال استفاده شد[۹]. جهت تعیین مشخصات فنی هواکش از نرم افزار fanox استفاده گردید. سپس هواکش مورد نظر طبق مشخصه های فنی بدست آمده ساخته شد. برای تعیین افت فشار و در نتیجه آن سرعت عملیاتی در سیستم پایلوت از لوله پیتوت استفاده گردید. همچنین محل اندازه گیری افت فشار براساس توصیه ارائه شده از سوی EPA تعیین گردید. باتوجه به اندازه گیری افت فشار عملیاتی در سیستم توسط لوله پیتوت و رابطه ۲ سرعت جریان هوا در داخل کانال تعیین گردید. سپس با در نظر گرفتن شرایط ایزوکنتیک قطر پروپ تعیین شد.

رابطه ۲:

$$V=4005\sqrt{VP}$$

برای باردار نمودن آب از یک مولد برق DC استفاده شد. با توجه به اینکه در سیستم لوله کشی آب نبایستی فلز بکار برده شود از لوله های پلی اتیلن برای انتقال آب استفاده شد و برای باردار نمودن آب در قسمتی از سیستم لوله‌کشی از لوله ای تحت عنوان نیوپایپ استفاده گردید. خصوصیات منحصر به فرد این نوع لوله باعث شد که برای باردار نمودن آب از آن استفاده شود (ایجاد یک خازن استوانه‌ای). در این حالت آلومینوم موجود در بین دو لایه پلاستیکی لوله بعنوان یک قطب و جریان آب موجود در لوله بعنوان قطب مخالف آن شد. با استفاده از دستگاه های آمپرسنج و ولت سنج میزان جریان و ولتاژ آب مورد اندازه گیری واقع گردید. از

[Downloaded from ioh.iums.ac.ir on 2026-11-28]



شکل۱: مشخصه های فنی سیستم پایلوت

آنجائیکه مقدار بار طبق رابطـه زیـر بـه زمـان و شـدت جریان وابسته است بنابراین می توان نوشت:

رابطه۳: $q= I\times t$

و در نهایت از آنجائیکه مقدار بار داده شده به آب برابر حاصل تقسیم مقدار q بر بار الکترون می‌باشد [۱۰]، پس:

رابطه:۴ $$n = \frac{q}{1.6\times10^{-19}}$$

با توجه به اینکه هدف این پـژوهش اثـر پارامترهـای مداخله الکتریکی با بارهای مثبت و منفی قطـرات آب و افزایش دبی آب برحذف ذرات قابل استنشاق و غیر قابل استنشاق ذرات فلدسپار می‌باشد بطور کل ۷۲ نمونه (۳۶ نمونه قبل از پالایشـگر و ۳۶ نمونـه بعـد از پالایشـگر) گرفته شد. تجزیه نمونه ها بصورت وزنـی انجـام شـد و برای تعیین راندمان پالایش از رابطه۵ استفاده شد[۱۱]:

رابطه:۵

که در آن a غلظت قبل از پالایشگر، b غلظت غلظت بعـد از پالایشـگر و R_a رانـدمان سیسـتم مـی باشـد. همچنین برای تعیین اینکه آیا رانـدمان سیسـتم در اثـر متغییرهای ایجاد شده افزایش یافته یـا نـه از نـرم افـزار SPSSاستفاده گردید.

یافته‌ها

ابتدا طبق توصیه ACGIH هواگذر و سرعت جریـان سیستم تعیین و سپس برگه محاسـباتی سیسـتم تهویـه تکمیل گردید و با توجه به این کمیت ها ارتفـاع و قطـر اسکرابر بصورت زیر تعیـین شـدند. شـکل ۱ شـمایی از مشخصه های فنی سیستم پایلوت نصب شـده را نشـان می‌دهد.

$$R_a = \frac{a-b}{a}\times100$$

$Q=AV$

$508= 240A$

$A= 2/11 ft^2$

$d= 1/64 ft = 0.5$ m

$h= 2/5 \times 0/5= 1/24$ m

با توجه به مقدار هواگذر بدست آمده حداقل و حداکثر دبی آب مورد نیاز برابر ۹/۵۴ و ۲۸/۸۴ لیتر بر دقیقه شد که بعد از نصب سیستم و استفاده از افشانه ها بـه دلیـل افت فشار ناشـی از آنهـا طبـق محاسـبات و آزمایشـات صورت گرفته شده حداکثر دبی آب حدود ۲۰/۳ لیتـر بـر دقیقه گردید. بر طبق این نتایج دبی‌های مورد نظر برای این آزمایش ۲۰/۳ و ۱۱/۴ لیتر بر دقیقه انتخاب شـد. بـا اندازه گیری افت فشار توسـط لولـه پیتـوت و همچنـین

[Downloaded from ioh.iums.ac.ir on 2026-11-28]

جدول۱: میانگین غلظت ذرات قابل استنشاق و غیر قابل استنشاق فلدسپار در قبل و بعد از پالایشگر در اثر پارامترهای مورد آزمایش

آلاینده	شاخص	عدم مداخله الکتریکی			مداخله الکتریکی با بار مثبت			مداخله الکتریکی با بار منفی		
		میانگین غلظت آلاینده‌ها قبل از پالایشگر (mg/m^3)	میانگین غلظت آلاینده‌ها بعد از پالایشگر (mg/m^3)	راندمان (درصد)	میانگین غلظت آلاینده‌ها قبل از پالایشگر (mg/m^3)	میانگین غلظت آلاینده‌ها بعد از پالایشگر (mg/m^3)	راندمان (درصد)	میانگین غلظت آلایندهها قبل از پالایشگر (mg/m^3)	میانگین غلظت ها بعد از آلاینده پالایشگر (mg/m^3)	راندمان (درصد)
فلدسپار (قابل استنشاق)	دبی ۲۰/۳ لیتر بر دقیقه	۲۸۳±۱۸/۴	۹۶±۱۰/۷	۶۶	۳۱۰±۱۷/۶	۶۹±۷/۶	۷۷/۶۷	۲۹۶±۲۸/۴	۸۳±۷/۸	۷۲
	دبی ۱۱/۴ لیتر بر دقیقه	۳۰۷±۳۰/۳	۱۲۳±۱۱/۵	۶۰	۳۰۰±۱۸/۹	۹۲±۸/۲	۶۹/۴۳	۲۹۰±۲۱/۸	۹۲±۹/۲	۶۸/۳۳
فلدسپار (غیرقابل استنشاق)	دبی ۲۰/۳ لیتر بر دقیقه	۲۹۳±۲۵/۶	۱۶±۳/۲	۹۴/۶۷	۲۸۳±۲۹/۷	۵±۱/۴	۹۸/۳۳	۲۹۷±۲۶/۷	۷±۱/۲	۹۷/۶۷
	دبی ۱۱/۴ لیتر بر دقیقه	۳۱۰±۳۱/۱	۲۷±۵/۷	۹۱/۳۳	۲۹۸±۲۷/۴	۱۵±۳/۲	۹۵	۳۱۶±۳۱/۶	۸±۱/۶	۹۷/۳۳

جدول۲: راندمان جمع آوری ذرات قابل استنشاق و غیر قابل استنشاق فلدسپار

آلاینده	شاخص	عدم مداخله الکتریکی	مداخله الکتریکی با بار مثبت	مداخله الکتریکی با بار منفی
ذرات قابل استنشاق فلدسپار	دبی ۲۰/۳ لیتر بر دقیقه	٪۶۶	۷۷٪/۶۷	٪۷۲
	دبی۱۱/۴لیتر بر دقیقه	٪۶۰	٪۶۹/۴۳	٪۶۸/۳۳
	p-Value	۰/۰۲	۰/۰۴۶	۰/۰۷
ذرات غیرقابل استنشاق فلدسپار	دبی ۲۰/۳ لیتر بر دقیقه	٪۹۴/۶۷	٪۹۸/۳۳	٪۹۷/۶۷
	دبی۱۱/۴لیتر بر دقیقه	٪۹۱/۳۳	٪۹۵	٪۹۷/۳۳
	p-Value	۰/۰۵	۰/۰۴۶	۰/۹۳۴

رابطه ۲ سرعت جریان عملیاتی در داخل کانال برابر با ۲۲۰۰ فوت بر دقیقه شد که با توجه به درنظر گرفتن شرایط ایزوکنتیک و فلوی پمپ نمونه برداری (۲ لیتر بر دقیقه) قطر پروپ نمونه برداری برابر ۲ میلیمتر گردید.

با اندازه گیری شدت جریان و ولتاژ توسط دستگاه‌های آمپرسنج و ولت سنج مشخص شد که دو پارامتر فوق به ترتیب برابر $4/82 \times 10^{-7}$ آمپر و ۱۲۷۵ ولت هستند. . از آنجائیکه مدت زمان نمونه برداری ۱۲۰ ثانیه بود، میزان بار ایجاد شده برابر $4/81 \times 10^{-5}$ کولنگردید. در نتیجه تعداد الکترون ایجاد شده در این مدت زمان برابر است با:

$$n = \frac{4.81 \times 10^{-5}}{1.6 \times 10^{-19}} = 3 \times 10^{14}$$

بعد از تعیین مشخصات اسکرابر و میزان دبی آب و بار قطرات آزمایشات برروی تعیین راندمان پالایش هوا انجام شد.جدول ۱ نشان دهنده غلظت ذرات قابل استنشاق(قطر آئرودینامیکی کوچکتر از ۲میکرون) و غیر قابل استنشاق(قطر آئرودینامیکی بزرگتر از ۲میکرون)فلدسپار قبل و بعد از پالایشگر و راندمان پالایشگر بوده و جدول ۲ نشان دهنده نتایج بدست آمده از آزمون فرض صورت گرفته شده بین متغیرهای مورد مطالعه می‌باشد.

همانگونه که جدول ۱ نشان می‌دهد راندمان جمع آوری ذرات قابل استنشاق و غیر قابل استنشاق ذرات فلدسپار در مداخله الکتریکی با بار مثبت و مداخله الکتریکی با بار منفی و همچنین با افزایش دبی مایع افزایش می یابد. همچنین مداخله الکتریکی با بار مثبت اثر بیشتری برروی افزایش راندمان نسبت به مداخله الکتریکی با بار منفی دارد.

جدول ۲ نشان می‌دهد که برای ذرات قابل استنشاق

[Downloaded from ioh.iums.ac.ir on 2026-11-28]

در دبی ۲۰/۳ لیتر بر دقیقه با باردار نمودن قطرات آب راندمان جمع آوری ذرات افزایش پیدا کرده است. از طرف دیگر بین میانگین نتایج بدست آمده اختلاف معنی دار (p<۰/۰۵) مشاهده شد. بعبارت دیگر مداخله الکتریکی باعث افزایش راندمان شده است.

راندمان جمع آوری ذرات در مداخله الکتریکی با بار مثبت در مقایسه با مداخله الکتریکی با بار منفی مقدار بیشتری را نشان می دهد. همچنین بین میانگین نتایج بدست آمده تفاوت معنی دار (p<۰/۰۵) مشاهده شد. یعنی مداخله الکتریکی با بار مثبت تأثیر بیشتری در مقایسه با مداخله الکتریکی با بار منفی برروی راندمان دارد. در دبی ۱۱/۴ لیتر بر دقیقه راندمان جمع آوری ذرات با مداخله الکتریکی با بار مثبت افزایش یافته است که میان میانگین نتایج بدست آمده تفاوت معنی دار (p<۰/۰۵) مشاهده گردید. یعنی مداخله الکتریکی با بار مثبت باعث افزایش راندمان شده است. همچنین با افزایش دبی و در حالت عدم مداخله الکتریکی و مداخله الکتریکی با بار مثبت راندمان جمع آوری ذرات قابل استنشاق آلاینده مورد مطالعه افزایش یافته است و با توجه به مقدار (p-Value) بدست آمده از آزمون آماری بین میانگین راندمان جمع آوری ذرات تفاوت معنی دار (p<۰/۰۵) مشاهده شد. در مداخله الکتریکی با بار منفی با افزایش دبی افزایش راندمان مشاهده شد ولی این افزایش دبی برای آلاینده مورد مطالعه معنی دار (p=۰/۰۵) نمی‌باشد.

برای ذرات غیر قابل استنشاق بار مثبت و منفی در دبی ۲۰/۳ لیتر بردقیقه باعث افزایش راندمان شده است (p<۰/۰۵). اما مقدار این افزایش کم بوده و بین میانگین نتایج بدست آمده اختلاف معنی دار (p=۰/۰۵) وجود ندارد. همچنین بین نتایج بدست آمده از مداخله الکتریکی با بار منفی و مداخله الکتریکی با بار مثبت تفاوت معنی داری (p=۰/۰۵) وجود ندارد. راندمان جمع آوری ذرات غیر قابل استنشاق آلاینده مورد مطالعه در دبی ۱۱/۴ لیتر بر دقیقه در مداخله الکتریکی با بار مثبت افزایش یافت اما این افزایش معنی‌دار (p=۰/۰۵) نبود در حالی که برای بار منفی معنی دار بود. همچنین بین میانگین نتایج بدست آمده از راندمان جمع آوری ذرات غیر قابل استنشاق در مداخله الکتریکی با بار منفی و مداخله الکتریکی با بار مثبت اختلاف معنی‌داری (p=۰/۰۵) مشاهده نشد. از طرف دیگر با افزایش دبی در عدم مداخله الکتریکی و مداخله الکتریکی با بار مثبت راندمان جمع آوری ذرات افزایش یافته است که با توجه به آزمون آماری بین میانگین نتایج تفاوت معنی‌دار (p<۰/۰۵) وجود دارد. یعنی افزایش دبی باعث افزایش راندمان می شود.

بحث و نتیجه گیری

یکی از روش‌های نوینی که امروزه برای افزایش راندمان اسکرابر مطرح شده است استفاده از نیروی الکتریسیته می‌باشد. استفاده از نیروی الکتریسیته و یا همان شارژ الکتریکی در اسکرابر ها در سه وضعیت – باردار نمودن ذرات –باردار نمودن قطرات آب –باردار نمودن قطرات آب و ذرات به صورت توأم با بارالکتریکی مخالف هم صورت می‌پذیرد. در این حالت حداکثر راندمان جمع آوری ذرات توسط اسکرابر الکتروستاتیک ایجاد خواهد شد.

نتایج مطالعه مذکور نشان داد که با افزایش دبی و همچنین مداخله الکتریکی با بار مثبت برروی قطرات آب راندمان جمع آوری ذرات قابل استنشاق فلدسپار افزایش یافته است. هنگامیکه قطرات آب در مداخله الکتریکی با بار منفی قرار گرفتند تفاوت معناداری بین نتایج مشاهده نشد. در نتیجه می توان گفت عامل اصلی در افزایش راندمان جمع آوری ذرات قابل استنشاق در مطالعه حاضر همین بار مثبت قطرات آب است.همچنین Bertinat در سال ۱۹۷۸ طی مطالعه‌ای افزایش راندمان جمع آوری ذرات را با باردار نمودن قطرات آب گزارش نمود که نتایج بدست آمده از مطالعه مذکور نیز همانند نتایج بدست آمده از این مطالعه می‌باشد[۸].

در اینجا دو عامل باعث افزایش راندمان جمع آوری شده است. عامل اول همان افزایش دبی و عامل دوم قطرات باردار شده می باشند. از آنجائیکه قطرات آب با بار مثبت در اطراف خود میدان همنامی را ایجاد

[Downloaded from ioh.iums.ac.ir on 2026-11-28]

می‌کنند، در هنگام پاشش آنها برروی آلاینده یک میدان بزرگی با بیش از ۳×۱۰^{۱۴} (با توجه به اندازه گیری‌های صورت گرفته شده) الکترون ایجاد گردید که می‌تواند برروی مسیر حرکت اولیه ذرات تأثیر گذاشته و مسیر حرکت ذرات را تابع مسیر حرکت خود قرار دهد و چون مسیر حرکت قطرات روبه پایین و در خلاف جهت جریان هواگذر است آلاینده از جریان هوا خارج شده و در نهایت از سیستم خارج می شود. در نتیجه این عمل علاوه بر افزایش راندمان توسط افزایش دبی، راندمان در اثر مداخله الکتریکی با بار مثبت نیز افزایش یافته است.

البته تعیین اینکه چرا قطرات آب با بار مثبت دارای اثر بیشتری برروی افزایش راندمان جمع آوری ذرات است به فاکتورهای متفاوتی از جمله ولتاژ برق و قطر قطرات آب بستگی دارد. بعنوان مثال Byrne طی مطالعات خود به این نتیجه رسید که برای افزایش راندمان و مؤثر بودن مداخله الکتریکی قطرات آب با قطر بیشتر از ۴۰ میکرون باید به آب بار مثبت و برای قطرات کوچکتر از ۰/۰۰۴ میکرون باید به آب بار منفی داده شود[۶].

با افزایش دبی آب راندمان جمع آوری ذرات قابل استنشاق و غیر قابل استنشاق فلدسپار افزایش یافته است. با افزایش دبی آب تماس قطرات آب با آلاینده بیشتر شده و دلیل افزایش راندمان جمع آوری ذرات افزایش تماس ذرات با قطرات آب می باشد. از طرف دیگر با افزایش دبی قطر قطرات آب خارج شده از افشانه‌ها کوچکتر شده و در نتیجه سطح تماس ذرات با قطرات آب افزایش می‌یابد. بنابراین می‌توان گفت که با افزایش دبی مایع اولاً مقدار آبی که برروی ذرات پاشیده می‌شود بیشتر شده و ثانیاً قطر قطرات کوچکتر می‌شود (Janasو Mason طبق تحقیقات خود به این نتیجه رسیدند که هنگامیکه قطر قطرات مایع اسپری شده کاهش یابد راندمان جمع آوری ذرات افزایش می‌یابد [۶].) که هر دو عامل باعث افزایش راندمان می شوند. این نتیجه را می توان با نتایج بدست آمده از مطالعه Kati Varaslahti (۲۰۰۲) مقایسه نمود. وی در مطالعات خود راندمان جمع آوری ذرات را در سه دبی ۷/۵، ۱۰ و ۱۲/۵ لیتر بر دقیقه مورد بررسی قرار داد و به اینتیجه رسید که با افزایش دبی آب راندمان جمع آوری ذرات افزایش می‌یابد.

تمام نتایج بدست آمده از مقایسه پارامترهای مورد مطالعه حاکی از آن است که با مداخله الکتریکی راندمان افزایش می یابد که علت اصلی افزایش راندمان بار الکتریکی مثبت است. همچنین با افزایش دبی راندمان نیز افزایش می یابد. با توجه به بحث صورت گرفته شده در بالا بصورت کلی نتایج زیر بدست آمد:

۱- در یک دبی مشخص مداخله الکتریکی (با ولتاژ مورد آزمایش در این مطالعه) باعث افزایش راندمان جمع آوری ذرات قابل استنشاق می شود. در حالیکه این مداخله الکتریکی برروی راندمان جمع آوری ذرات غیر قابل استنشاق تأثیر قابل توجهی ندارد.

علت بدست آمدن این نتیجه شاید استفاده از ولتاژ پایین در مطالعه مذکور باشد. برای تعیین اثر مداخله الکتریکی برروی راندمان جمع آوری ذرات غیر قابل استنشاق می توان از انجام آزمایشات در ولتاژهای بالا استفاده نمود. شاید میدان الکتریکی ایجاد شده در این مطالعه نتواند برروی ذرات غیر قابل استنشاق تأثیر داشته باشد که تنها آزمایش در ولتاژ بالاتر می‌تواند این نکته مبهم را روشن سازد.

۲- اثر مداخله الکتریکی با بار مثبت بیشتر از اثر مداخله الکتریکی با بار منفی می باشد که البته ممکن است این نتیجه تنها در مورد مطالعه مذکور صحیح باشد.

۳- با افزایش دبی آب راندمان جمع آوری ذرات قابل استنشاق و غیر قابل استنشاق ذرات فلدسپار افزایش می‌یابد. دلیل این امر افزایش سطح تماس قطرات آب با آلاینده می‌باشد که باعث افزایش راندمان سیستم شده است.

[Downloaded from ioh.iums.ac.ir on 2026-11-28]

منابع

1. Noel de N. Air Pollution Control Engineering. ISBN: 2004, 964-350-747-5.
2. Canadian Centre for Occupational Health and Safety.Felspar.770. 1998, Issue: 98-4 November.
3. William A. Burgess, Michael J.Ellenbecker, Robert D. Treiman, Ventilation for Control of the Work Environment, 2004, Second Edition.
4. Lawrence K W, Norman C P, Yung Tse H. Air Pollution Control Engineering, ISBN: 2004, 1-58829-161-8.
5. Polat M, Droplet Chargeing for Wet Scrubber, Air & Waste Manage. 2004, Assoc. No54; P 3-7.
6. Vaaralati K, Laitinen A, Spray Charging of Droplets in a Wet Scrubber, Air & Waste Manage. 2002, Assoc. No52; P 175-180.
7. Tajik M. Tarahi va sakhte Eskeraber Dynamice jaded va teste an dar Sanate Siman, Payanamehe PhD dar reshte mohandesi shimi, Daneshgahe Sanati Amir Kabir, 2002 [Persain].
8. Matin A, Bayatian M. Jamavari va Palayeshe Alayandehaye Hava, Entesharate Fanavaran, 2010, No 1[Persain].
9. Ralph G.Culham, P.Eng, Fan Reference Guide, 4 th Edition, 2007.
10. Halidey D, Reznik R, Vacker J, Basic of Physics, Vol 2: Electiricity and Magnetics, 2002, 5□□Edition.
11. . Bahrami A. Nemone-Bardari va Tajziyeh Alayandeha dar Hava, Entesharate Fanavaran, 2007, Vol 1[Persain].

[Downloaded from ioh.iums.ac.ir on 2026-11-28]

[Downloaded from ioh.iums.ac.ir on 2026-11-28]

Study of water droplets on Theelectrical Charging Effect on Spray Tower Scrubber Efficiency for Feldspar Particles removal

Majid bayatian [1], Abdolrahman Bahrami [2], Rostam Golmohammadi[3], Farshid Ghorbani Shahna[4]

Received:2010/07/28 Revised: 2010/11/27 Accepted: 2011/1019
2010/05/23

Abstract

Background and aims: One of the modern ways introduced nowadays for increasing the collection efficiency of particulate, is the use of electric charge in wet scrubbers. These systems can be used in places in which scrubbers are suitable for contaminant collection. In fact, this system only increases the collection efficiency, and it is not a new technology for contaminant collection.

Methods: First, according to ACGIH recommendation for pilot study a ventilation system was designed and installed. Later, water was charged by using an DC electric exchanger. (1275 Volt, DC) & product 3×1014 electron on system. Air velocity in the duct was determined by Pitottube pressure drop and speed equations, and sampling prop diameter was calculated considering isokinetic conditions. Sampling was performed at two flow rates of 20.3 and 11.4 liter per minute and in overall 72 samples were collected. Sample analysis was performed using gravimetric method and data analysis was performed using SPSS software

Results: The collection efficiency of inhalable particles in the flow rate of 20.3 liter per minute in a non-electric intervention, and electric intervention with positive and negative charge was 66, 77.67 and 73 percent and in the flow rate of 11.4 liters per minute 60, 69.43 and 68.32 percent respectively. For non-inhalable particles the efficiency in the flow rate 20.3 liters per minute in a non-electric intervention and electric intervention with positive and negative charge was 94.67, 98.33 and 97.67 percent, and in the flow charge of 11/4 liters per minute the flow charge was 91.33, 95, and 97.33 percent respectively.

Conclusion: The results obtained from the experiments, showed that in a certain flow rate, electric intervention increases the efficiency of inhalable particle collection. By the way, this electric intervention has no significant effect on non-inhalable particle collection. Also, the effect of electric intervention with positive charge, is higher than electric intervention with negative charge, and with the increase of water flow rate there is an increase in the collection efficiency of the inhalable and non-inhalable feldspar particles.

Keywords: Electrical charging, feldspar particles, Spray tower, Efficiency.

1. (**Corresponding author**), Assistant Occupational Health Department, School of Public Health, Azad University of Medical Sciences,Email: majid_bayatian@yahoo.com
2. Assistant Professor, Occupational Health Department, School of Public Health & Center for Health Research, Hamedan University of Medical Sciences.
3. Assistant Professor, Occupational Health Department, School of Public Health & Center for Health Research, Hamedan University of Medical Sciences.
4. Assistant Occupational Health Department, School of Public Health & Center for Health Research, Hamedan University of Medical Sciences.

[Downloaded from ioh.iums.ac.ir on 2026-11-28]